



ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

5

АСТРОНОМИЯ

ГЕОФИЗИКА

ИССЛЕДОВАНИЯ КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

1966

2—3 августа 1966 года в Кремле работала первая сессия Верховного Совета СССР седьмого созыва. Со всех концов нашей страны приехали в Москву депутаты, единодушно избранные народом 12 июня 1966 года.

Сформирован Президиум Верховного Совета СССР и образовано Правительство Советского Союза. По предложению Генерального секретаря ЦК КПСС депутата Л. И. Брежнева, выступившего от имени Центрального Комитета КПСС, Верховный Совет СССР назначил А. Н. Косыгина — Председателем Совета Министров СССР и избрал Н. В. Подгорного — Председателем Президиума Верховного Совета СССР.

Верховный Совет СССР избрал постоянные комиссии Совета Союза и Совета Национальностей.

Верховный Совет СССР одобрил внутреннюю и внешнюю политику Правительства, основные принципы которой были изложены в выступлении товарища А. Н. Косыгина. «Заявление Правительства СССР об основных вопросах внутренней и внешней политики» и «Заявление Верховного Совета СССР в связи с усилением агрессии американского империализма во Вьетнаме» — важнейшие документы, воплощающие волю всего 233-миллионного советского народа.



Николай Викторович Подгорный



Алексей Николаевич Косыгин

ЗЕМЛЯ и ВСЕЛЕННАЯ

В НОМЕРЕ

В. Г. Фесенков — Природа Луны	5
Е. П. Аксенов — Искусственные спутники Луны	15
Н. Н. Парийский — Земные приливы и внутреннее строение Земли	22
В. А. Бронштэн — Свидание с Икаром	29
Г. П. Горшков — Землетрясения в Ташкенте	36
Н. С. Блинов — Атомное время	43

ЛЮДИ НАУКИ

Б. Ю. Левин — Отто Юльевич Шмидт [к 75-летию со дня рождения]	48
---	----

ЭКСПЕДИЦИИ

Е. Л. Кринов — Новое о метеоритных кратерах	59
---	----

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

Б. А. Воронцов-Вельяминов — Нестационарные явления в галактиках [29-й симпозиум Международного Астрономического Союза]	68
--	----

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

Д. В. Пясковский — Приближенное определение фазы Луны	76
А. Н. Подъяпольский — Самодельные окуляры для телескопов	78
А. Д. Марленский, Ф. М. Порошин — Звездное небо и планеты в ноябре — декабре 1966 года	82

ФАНТАСТИКА

Ф. Хойл, Дж. Эллиот — А-Андромеда	86
---	----

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

С. Н. Паршин, Е. Г. Демидович — Полезное пособие для преподавателей и студентов	94
---	----

НОВОСТИ НАУКИ

Часто ли сталкиваются галактики? [14]; В космосе «Протон-3» [21]; Новая зона разлома в дне Тихого океана [58]; Подводное бурение у Атлантического побережья США [58]; Обсуждаются проблемы космической медицины [67]; Новый Астрофизический семинар [75]; Форма неправильных галактик [75];

Научно-популярный журнал
Академии наук СССР



СЕНТЯБРЬ — ОКТЯБРЬ

5 1966

ВТОРОЙ ГОД ИЗДАНИЯ

На обложке. 1-я стр. — Аризонский метеоритный кратер (вид с воздуха).

«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ» приветствует астрономов



Академик ВИТАЛИЙ ЛАЗАРЕВИЧ ГИНЗБУРГ — крупнейший ученый в области теоретической физики и астрофизики (теории твердого тела, низких температур, распространения электромагнитных волн, электромагнитных свойств плазмы, радиоастрономии, теории элементарных частиц, происхождения космических лучей). Им исследован ряд фундаментальных вопросов теории распространения электромагнитных волн в плазме, развита общая термодинамическая теория сегнетоэлектрических явлений, построена обобщенная макроскопическая теория сверхпроводимости.

В. Л. Гинзбург показал, что тепловое радиоизлучение Солнца должно отвечать температуре порядка миллиона градусов, а не температуре фотосферы. Им установлена связь между радиоизлучением космических объектов и проблемой происхождения космических лучей и развита количественная теория происхождения космических лучей.

Ряд важных работ В. Л. Гинзбурга посвящен теории эффекта Вавилова — Черенкова и общим проблемам теории элементарных частиц.

Работы В. Л. Гинзбурга, обогатившие советскую и мировую науку исследованиями первостепенного значения, удостоены Ленинской и Государственной премий.



Академик МИХАИЛ АЛЕКСАНДРОВИЧ САДОВСКИЙ, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии и Государственных премий — выдающийся ученый, работы которого по физике взрыва, а также по сейсмическому эффекту взрыва и исследованию распространения ударных волн в атмосфере общепризнаны как классические образцы.

Труды М. А. Садовского, создавшего школу физиков-экспериментаторов, имеют большое народно-хозяйственное значение. По инициативе и под руководством М. А. Садовского ведутся обширные работы по внедрению в геофизику современных достижений приборостроения, исследуется сейсмоопасность районов строительства крупных гидростанций, организуются работы по прогнозированию землетрясений.

М. А. Садовский — заместитель академика-секретаря Отделения наук о Земле и руководитель крупнейшего в нашей стране Института физики Земли АН СССР.

и геофизиков— новых членов Академии наук СССР



Член-корреспондент Академии наук СССР ИОСИФ САМУИЛОВИЧ ШКЛОВСКИЙ — крупнейший советский астрофизик и радиоастроном, лауреат Ленинской премии.

И. С. Шкловский руководит большим теоретическим и экспериментальным отделом в Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга. Сотрудники отдела проводят астрофизические исследования на крупнейших оптических и радиотелескопах, на космических ракетах и искусственных спутниках.

О международном признании его научных заслуг свидетельствует избрание И. С. Шкловского членом Королевского астрономического общества Великобритании, Астрономического общества Канады, действительным членом Международной академии астронавтики.

Круг научных интересов И. С. Шкловского исключительно широк: от изучения верхних слоев земной атмосферы и физики солнечной короны до фундаментальных проблем галактической и метagalactic астрономии. Каждая работа И. С. Шкловского содержит новую четкую физическую идею, характерной особенностью его работ является доведение теории до наблюдательной проверки, четкое указание экспериментаторам на характер необходимых измерений и ожидаемые наблюдательные эффекты.

И. С. Шкловский — пример редкого сочетания талантливого ученого и блестящего популяризатора науки.



Член-корреспондент Академии наук СССР ЮРИЙ ДМИТРИЕВИЧ БУЛАНЖЕ — видный ученый-геофизик, талантливый организатор комплексных научных исследований.

Ю. Д. Буланже добился замечательных успехов в точном определении силы тяжести, широко внедрив весьма важный для науки и практики строгий метрологический подход к относительным измерениям этой силы. Под его руководством был разработан ряд принципиально новых типов гравиметрической аппаратуры и методики наблюдений с ней, что позволило создать у нас в стране и за рубежом опорные гравиметрические сети высшей точности, а также определять силу тяжести на море.

Ю. Д. Буланже возглавил новое научное направление в геофизике — изучение физической природы современных движений земной коры. Эти исследования, в частности, позволят установить взаимосвязь деформаций коры с землетрясениями.



Член-корреспондент Академии наук СССР ПЕТР НИКОЛАЕВИЧ КРОПОТКИН известен среди геологов и геофизиков как ученый широкого профиля.

П. Н. Кропоткин имеет большие заслуги в изучении геологического строения Дальнего Востока, северо-восточной Сибири и Казахстана и открытии там полезных ископаемых. Им разработан ряд теоретических вопросов происхождения магмы и формирования земной коры.

В капитальном труде П. Н. Кропоткина «Геологическое строение Тихоокеанского подвижного пояса» суммированы сведения по геологии и геофизике стран и областей, окружающих Тихий океан — от Японии и Камчатки до Кубы и Анд Южной Америки. На основании обобщения мировых данных геофизики (аномалии силы тяжести, палеомагнетизм) и тектоники он обосновывает вывод о первенствующем значении горизонтальных движений земной коры в формировании лика Земли.



Член-корреспондент Академии наук СССР ЕВГЕНИЙ ФЕДОРОВИЧ САВАРЕНСКИЙ — один из ведущих сейсмологов страны. Сейсмичность территории нашей страны и определение глубин очагов землетрясения, распространение сейсмических волн и внутреннее строение Земли, интерпретация сейсмических наблюдений и проблемы цунами — во всех этих областях Е. Ф. Саваренским получены новые данные. Под его руководством и при большом личном участии впервые составлен «Атлас сейсмичности территории СССР», созданы единая система сейсмических наблюдений в нашей стране и служба срочных донесений о сильных землетрясениях и цунами.

Е. Ф. Саваренский возглавляет Совет по сейсмологии, является вице-президентом Европейской сейсмологической комиссии при Международном союзе геодезии и геофизики, вице-президентом Международного комитета цунами.

ПРИРОДА ЛУНЫ

В. Г. ФЕСЕНКОВ,
академик

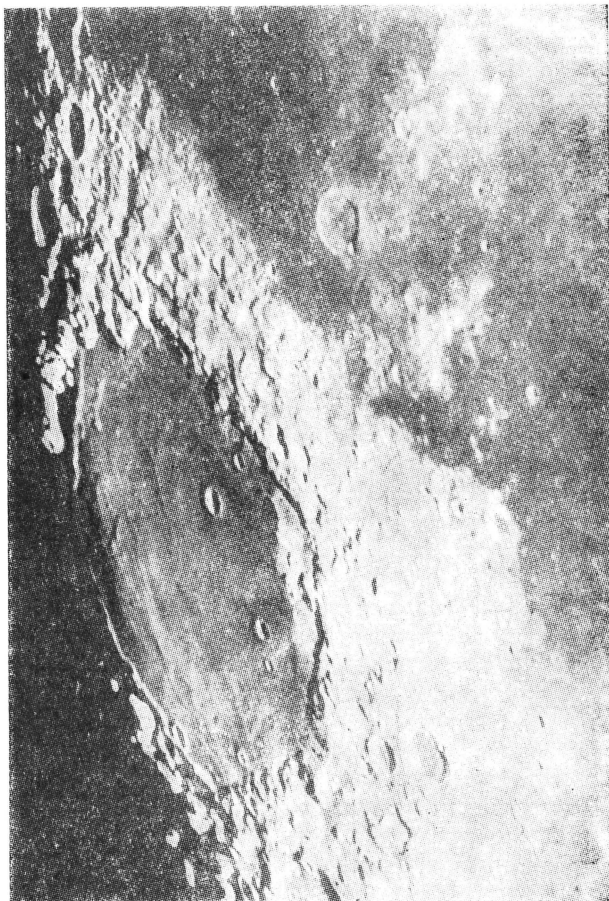
Успешное осуществление мягкой посадки на лунную поверхность космической станции «Луна-9» — новый этап в изучении природы Луны, начало прямых экспериментов на ее поверхности.

Земля — Луна — единственная в своем роде «двойная планета» солнечной системы. Фундаментальная проблема происхождения Луны рассматривалась многими исследователями. Результаты оказались довольно противоречивыми. Однако не представляет сомнения качественный вывод, сделанный еще Дж. Дарвиным в его классическом исследовании приливной истории системы Земля — Луна. Дж. Дарвин считал, что приливное трение, обусловленное главным образом мелководными морями, должно непрерывно замедлять вращение Земли и вместе с тем, увеличивая момент количества движения Луны, расширять ее орбиту. Следовательно, Земля в прошлом вращалась скорее, а Луна находилась к Земле ближе. Заметим, что «вековой эффект» приливного трения при меньших расстояниях был существенно больше, чем теперь.

Постепенное удаление Луны от Земли подтверждается непосредственными наблюдениями. Известно, что и в настоящее время продолжительность суток увеличивается. Далее, исследования структуры кораллов показали, что в раннем палеозое сутки составляли около 20 часов и число дней в году было больше.

Для решения проблемы происхождения Луны нужно было бы рассчитать, на каком расстоянии от Земли находилась Луна в самом начале формирования солнечной системы. Как показывает изучение метеоритного (и, следовательно, астероидального) вещества, солнечная система образовалась около 4,5 млрд лет назад.

Однако сделать достаточно уверенный расчет приливной эволюции системы Земля — Луна в настоящее время еще невозможно. Во-первых, нельзя сказать, как про-



Море Кризисов. Сбоку виден кратер Прокл с его светлыми лучами. Фотография получена на 5-метровом телескопе обсерватории Маунт Вилсон

исходило постепенное накопление океанских бассейнов и как изменялось приливное трение. Во-вторых, сейчас установлено, что в приливных явлениях значительная роль принадлежит всему веществу Земли.

Дж. Дарвин, приняв максимально возможное отклонение приливного «горба» от

линии между центрами Земли и Луны, нашел, что Луна должна была находиться в непосредственном соседстве с Землей всего 57 млн лет назад, что, конечно, не имеет ничего общего с действительностью. Не упоминая о некоторых противоречивых результатах, укажем, что на основании совокупности ряда исследований, включая недавние расчеты Е. Л. Рускол, можно считать, что Луна в прошлом двигалась по орбите с меньшим эксцентриситетом, т. е. более приближающейся к круговой, с меньшим наклоном к плоскости земного экватора, и наименьшее расстояние Луны от Земли составляло несколько радиусов Земли. Весьма вероятно, что на наименьшем расстоянии Луна находилась несколько миллиардов лет назад — в самом начале истории нашей планеты.

Эти выводы, вследствие неопределенности исходных данных, носят более или менее качественный характер, но они указывают, что Луна никогда не захватывалась Землей, а образовалась совместно с ней в едином процессе космической эволюции. Подобный процесс образования двойных и даже кратных тел — очень распространенное явление в космосе, и наше Солнце, сформировавшееся вследствие малого вращательного момента как одиночное тело, довольно редкое исключение. Роль Луны в процессе образования системы Земля — Луна заключалась именно в том, что еще до окончательного выделения Земли из первоначальной протопланетной массы на долю Луны пришлась наибольшая часть вращательного момента. Это способствовало формированию Земли в виде единого и достаточно устойчивого тела. Другие планеты были в иных условиях. Например, Венера — планета примерно той же массы, что и Земля, но с совершенно ничтожным вращательным моментом (Венера вращается вокруг оси с периодом около 250 суток и притом в обратном направлении), всегда находилась в устойчивом состоянии и потому не должна была «обзаводиться» спутником.

* * *

С вопросом происхождения Луны связана также ее термическая история, определяющая в значительной степени физические условия на лунной поверхности. Расчеты термической истории Луны, проводившиеся детально, главным образом в СССР и США,

имеют довольно условный характер вследствие неопределенности начальных данных. Обычно предполагается, что состав Земли и Луны близок к каменным метеоритам — хондритам, в которых много долгоживущих радиоактивных элементов (калия-40, тория и двух изотопов урана). При равномерном распределении радиоактивных элементов внутри массы планетного тела выделяющаяся при их распаде энергия почти полностью поглощается, постепенно повышая температуру недр. Для расчета нужно задать наиболее вероятные значения теплопроводности, плотности и удельной теплоемкости на всех расстояниях от центра планеты и учесть, при каких нагревах может происходить полное или частичное расплавление вещества. В зависимости от тех или иных предпосылок разные авторы получали, что Луна на всем протяжении своей истории или оставалась твердой, или же, напротив, была расплавленной вплоть до 0,8 радиуса, считая от центра.

Центральные части Луны могли нагреваться примерно до 1300°K (Г. Юри) или до 2000°K (Б. Ю. Левин, С. В. Маева). Меньший нагрев мог произойти, если радиоактивные элементы скапливались преимущественно в поверхностных слоях.

Однако эти расчеты все же не решают вопроса, может ли иметь место более или менее значительный расплав вещества Луны. Представляется сомнительным, являются ли хондриты наиболее характерным материалом состава Луны и планет. В последнее время первичным веществом принято считать углистые хондриты. Далее, помимо распада долгоживущих радиоактивных элементов могут быть и другие источники нагрева, а именно обычный гравитационный нагрев при быстром сжатии образующегося космического тела. Нужно учесть и выделение химической энергии при образовании сложных молекулярных соединений, входящих в состав Луны. До сих пор неясна роль короткоживущих радиоактивных изотопов, которые, по последним данным, должны были играть существенную роль при формировании астероидального, а следовательно, и планетного вещества. Наконец, в первую эпоху своего существования, когда Луна находилась сравнительно близко к Земле, значительное влияние должна была иметь энергия приливного трения. Таким образом, проблема термической истории Луны не может быть разрешена чисто теоретически. Необходимо соп-

ставление разнообразного наблюдательного материала.

Первые определения лунной температуры, основанные на измерении инфракрасной радиации, проводились еще в 1868 г. лордом Россом, а затем более детально, начиная с 1927 г., Э. Петтитом и С. Никольсоном. В среднем температура подсолнечной точки оказалась около 390°K , а в антисолнечной точке довольно уверенно получилось 120°K . Максимальное значение температуры, которое приходилось измерять, составляет 405°K . Итак, за время лунных суток амплитуда температурных колебаний составляет около 280° . Это одна из важнейших величин, характеризующих условия на Луне. С восходом Солнца температура поверхности быстро повышается, проходит довольно пологий максимум и затем сравнительно медленно достигает минимального значения. Интересно, что резкие скачки температуры (свыше 200°) наблюдаются даже во время полных лунных затмений, которые имеют сравнительно небольшую продолжительность. Все это означает, что солнечная радиация нагревает только наиболее поверхностные слои лунного покрова, что теплопроводность лунных пород ничтожна и, как показывают расчеты, должна быть примерно в тысячу раз меньше теплопроводности типичных земных минералов.

Важно подчеркнуть, что распределение температуры зависит от отражательной способности данного участка поверхности Луны. Так, кратеры с более высоким альбедо нагреваются в течение дня несколько меньше окружающей области. Вообще гористые районы нагреваются меньше, чем более темные моря.

Интересные результаты недавно получены радиометодами. Например, В. С. Троицкий измерял интенсивность лунного радиоизлучения на длине волны от 3 до 70 см. Эффективная глубина испускания излучения примерно в 20 раз больше соответствующей длины волны. Следовательно, длине волны в 30 см соответствует глубина испускающего слоя в 6 м. Поэтому исследование длинноволнового радиоизлучения позволяет проникнуть во внутренние слои Луны и получить сведения об их термических свойствах. Комбинируя эти данные с измерениями теплопроводности, можно сделать оценку потока энергии из внутренних слоев Луны.

Проведя многочисленные измерения и применяя в качестве стандарта излучение «искусственной Луны» — диска, поставленного на расстоянии нескольких сотен метров от приемника излучения, В. С. Троицкий получил, что средняя температура Луны быстро увеличивается до глубины примерно 6 м, а затем возрастает значительно медленнее. Общий тепловой поток от Луны оказался примерно таким же, как и от земной поверхности, хотя масса вещества, соответствующая единице поверхности Луны, в пять раз меньше. Выделение теплоты внутренними областями Луны на единицу массы по данным В. С. Троицкого в 4—5 раз больше, чем это имеет место для Земли.

Казалось бы, это подтверждает гипотезу, которой в частности придерживается Б. Ю. Левин, о значительном расплавлении лунного вещества. Однако можно привести доводы в пользу того, что в основном Луна должна быть совершенно твердой.

В самом деле, как известно, данные о термической истории и внутреннем строении Марса приводят к выводу о том, что у этой планеты нет жидкого ядра значительных размеров. Марс имеет массу в 9 раз меньшую земной. У него отсутствует ощутимое магнитное поле. Магнитное поле Луны также очень незначительное, а ее масса в 81 раз меньше массы Земли. Поскольку тела меньшей массы охлаждаются быстрее, естественно ожидать, что Луна в основном твердая.

С другой стороны, форма Луны значительно отличается от фигуры равновесия жидкой массы, соответствующей современному расстоянию от Земли при сравнительно небольшом приливном воздействии. Вытянутость лунной фигуры по отношению к Земле составляет 1 км, в то время как в условиях равновесия она может быть не больше 60 м. Отсюда как будто следует, что Луна должна была почти полностью стать твердой еще на сравнительно небольшом расстоянии от Земли (соответствующем периоду обращения в 6,8 суток) и после этого продолжала сохранять свою форму.

Заметим также, что несмотря на более высокую температуру в центральных областях Луна могла все же сохранить твердую структуру (вследствие значительного давления) и лишь вблизи поверхности температура плавления могла понизиться настолько, чтобы обеспечить возможность хотя бы частичного расплава.

Для решения вопроса о внутреннем строении Луны необходимо провести ее зондирование сейсмическими методами. Пока же приходится ограничиваться анализом рельефа лунной поверхности и его изменениями в прежние эпохи.

* * *

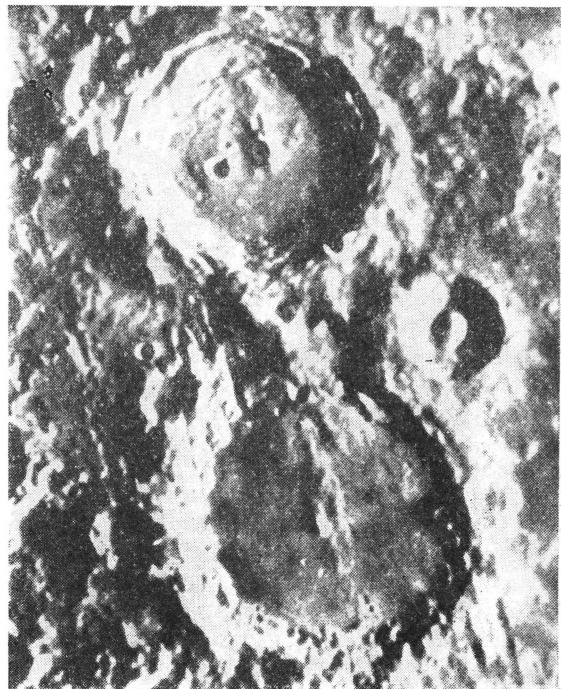
Самый беглый обзор лунной поверхности несомненно доказывает, что лунные моря возникли в результате обширного расплавления, при котором оказались частично затопленными более древние кольцевые горы. Например, хорошо сохранилась та часть обширного залива Радуги, которая примыкает к гористой области. Другая половина залива, расположенная на поверхности Моря Дождей, полностью исчезла.

Можно довольно уверенно проследить последовательную смену различных эпох в формировании лунного рельефа. На поверхности Луны заметны более древние кольцевые горы, расплавления, образовавшие лунные моря, сравнительно недавние детали рельефа, кратеры с центральными горками, купола и т. д. Последовательность развития лунных форм детально изучалась А. В. Хабаковым.

Какова же причина изменений рельефа Луны? Г. Юри рассматривал образование Моря Дождей как результат наклонного удара с Луну большого астероида, но это маловероятное, хотя и возможное, событие не может быть основной причиной. Появление лунных расплавлений относится к определенной эпохе эволюции Луны и по каким-то причинам было связано лишь с полусферой, обращенной к Земле. Действительно, на обратной стороне Луны моря почти совершенно отсутствуют. Возможно, удары крупных метеоритных тел лишь способствовали проявлению местной активности.

Если считать, что образование лунного рельефа обусловлено внутренней активностью, то оно должно сопровождаться попутным выделением газов и водяных паров подобно тому, как это происходило и в слабой мере происходит теперь на Земле. Однако сравнительно слабое притяжение Луны не смогло удержать газы у ее поверхности и они довольно быстро улетучились в пространство.

Теоретические расчеты показывают, что при максимальной температуре поверхности



Кратеры Альфонс и Альпетрагий. Фотография сделана на 100-дюймовом телескопе обсерватории Маунт Вилсон

(400° К) водород удерживается Луной лишь около двадцати минут. Кислород и водяные пары, которые быстро разлагаются под действием ультрафиолетовой солнечной радиации, могут находиться у лунной поверхности примерно полтора года. Углекислота удерживается несколько сот миллионов лет, а наиболее тяжелые газы — криптон и особенно ксенон — практически на протяжении всего существования Луны. Некоторые тяжелые газы, например углекислота, должны накапливаться, если на Луне поддерживается хотя бы минимальная вулканическая деятельность. Другие — ксенон, криптон — могли бы выделяться в процессе радиоактивного распада. Однако самые тщательные исследования Луны различными методами не привели к обнаружению какой-либо газообразной оболочки. Наиболее чувствительный метод, основанный на наблюдении покрытий Луной точечных радиосточников, показал, что верхний предел атмосферного давления на Луне должен быть в 10 000 млрд. раз меньше, чем на Земле на уровне моря, т. е. практически Луна совершенно лишена атмосферы.

Выделение газов из центральной горки кратера Альфонса наблюдал Н. А. Козырев 3 ноября 1958 г. и 23 октября 1959 г. Удивительно, что это оказался не водяной пар или какое-либо соединение кислорода, а молекулярный углерод C_2 , который обычно входит в состав голов комет, но никогда не выделяется на Земле. Отсутствие каких-либо газов, которые могли бы удерживаться достаточное время у лунной поверхности, можно объяснить воздействием солнечного ветра, сдувающего в межпланетное пространство малейшие следы лунной атмосферы.

* *

*

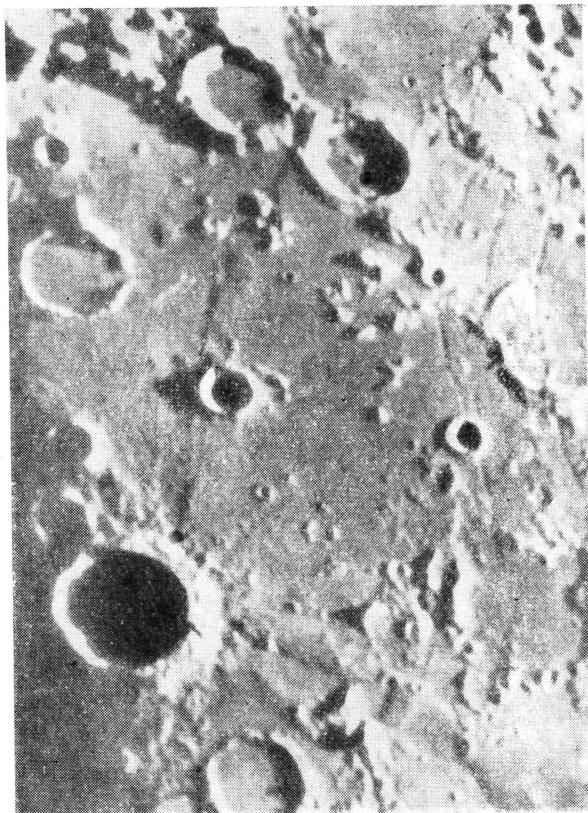
Заслуживают особого внимания топографические свойства Луны. Как известно, на Луне преобладают кольцевые образования. Это — обширные кольцевые горы диаметром свыше 200 км (например, Клавий), обычные кратеры (часто с центральными горками) размером в несколько десятков километров и мелкие лунки поперечником всего лишь в метры.

Даже лунные моря, размером в тысячи километров, если они изолированы и не накладываются на другие подобные образования, имеют весьма правильные круговые очертания, например Море Кризисов и ряд других. Кроме того, на Луне встречаются полигональные формы, шестиугольные валы, расположенные на более или менее ровном грунте. Они впервые были отмечены известным селенологом П. Пюизе и особенно ясно представлены около Северного полюса. Этот же исследователь обнаружил в Море Спокойствия «купола» — небольшие круглые выпуклости. В дальнейшем много куполов было открыто и в других местах Луны, главным образом на поверхности морей, где их легче заметить. В верхней части купола обычно имеется отверстие вроде вулканического жерла. Кроме того, внутри морей и больших кратеров много бороздок, обычно располагающихся вдоль валов и напоминающих трещины. Наиболее резко выраженная система таких трещин хорошо видна в центре лунного диска около кратера Триснеккера. Там же заметна резкая бороздка. Она, проходя через небольшой кратер Гигинус, меняет направление. Эти бороздки в некоторых районах Луны образуют целые системы парал-

лельных линий, связанных с преимущественным направлением кратеров и их валов. Наконец, характерная особенность Луны — радиальные системы светлых лучей, расходящихся от отдельных кратеров с центральными горками. Они тянутся на расстояния (например, от кратера Тихо) тысячи километров и проходят, не меняя направления, через гористые и низменные области.

При детальном ознакомлении с лунной топографией обращают на себя внимание несомненные изменения, происходившие на Луне в течение долгих периодов. Выделяются очень старые кольцевые горы, валы которых почти исчезли, как будто погрузившись в грунт. Таков, например, реликтовый цирк Стадий диаметром 60 км. Относительный воз-

Юго-восточный сектор Моря Облаков. На снимке, полученном на 82-дюймовом рефлекторе обсерватории Мак Дональд, видны выпуклые образования — «купола»





Реликтовый кратер Стадий. Снимок сделан на 82-дюймовом рефлекторе обсерватории Мак Дональд

раст кратеров особенно заметен, когда более молодые кратеры накладываются на другие, частично их разрушая. Интересно, что старые кратеры никогда не имеют центральных гор.

Из редко встречающихся лунных форм отметим гору Варгентин и Прямую стену. Столовая гора Варгентин — кольцевое образование, заполненное веществом до краев валов. Прямая стена, находящаяся в западной части Моря Облаков, тянется примерно на 100 км. Это — сброс, высота которого, согласно недавним измерениям Дж. Ашбука, около 200 м. Сброс, по-видимому, проходит через центральную часть древнего цирка, от которого осталась лишь западная часть вала, а восточная погрузилась в Море Облаков и лишь слегка угадывается. Отметим взаимосвязность различных деталей поверхности — направление бороздок, вытянутость горных хребтов, очертаний валов кольцевых гор и т. п. Все это указывает на большой масштаб действия формирующих сил.

Особенности лунной топографии, наблю-

даемые при отсутствии какой-либо атмосферы, очень рельефны при косом освещении, когда относительно малые возвышенности отбрасывают длинные тени, создавая ложное впечатление о крутизне лунных деталей. В действительности, как показывают точные измерения, все лунные образования отличаются чрезвычайной пологостью. Крутизна склонов валов нормальных кратеров обычно не превышает 10° . Например, даже такая, казалось бы, крутая гора, как Пико, высотой в 2300 м, находящаяся в западной части Моря Дождей к северу от известной группы кратеров Архимед, Автолик, Аристилл, покажется лунному наблюдателю с расстояния не свыше 90 км очень пологой возвышенностью.

Вообще, где бы на лунной поверхности ни находился наблюдатель, горизонт Луны лишь в отдельных местах покрывают сравнительно невысокие валы кратеров. Даже бороздки на самом деле очень пологие рвы, длиной иногда в несколько сот километров и шириной в несколько километров, глубина же их не превышает 300—500 м. Механизм происхождения подобных образований все еще неясен, хотя, по-видимому, несомненно в их формировании играли роль внутренние и внешние причины.

Остановимся для примера на известном кратере Коперник. Это молодой кратер с несколькими центральными горками и сложной системой светлых лучей. Он окружен многочисленными кратерными цепочками, состоящими из мелких лунок. Диаметр кратера Коперник около 90 км, глубина от краев валов до дна 3500 м. Валы возвышаются над окрестной равниной примерно на 1000 м. Структура и происхождение этого кратера изучались особенно детально, но полного согласия мнений не достигнуто и до сих пор. Так, известный геолог И. Е. Спэрр в своей фундаментальной работе по геологии Луны пришел к заключению, что Коперник должен был образоваться в результате длительных процессов, причем постепенно сформировалось несколько наслоений его внутренних валов. Светлые лучи, которые должны быть обусловлены мелко раздробленным веществом, выброшенным из центральной горки, рассматриваются как доказательство имевших место вулканических процессов. Сейчас же большинство склоняется к противоположной точке зрения, особенно детально разработанной Э. Шумейкером. Предполагается,

что кратер Коперник, как и большинство других деталей на Луне, возник вследствие ударов о лунную поверхность очень крупного метеорита. Один из веских аргументов в пользу подобного вывода — наличие около Коперника множества вторичных кратеров (их зарегистрировано 975), окружающих его широким кольцом и связанных с системой светлых лучей Коперника. Эти небольшие кратеры явно ударного происхождения, по-видимому, образовались в результате выброса из кратера Коперника огромных масс, выпавших на поверхность Луны со сравнительно небольшими скоростями. Из этого можно заключить, что метеорит, падение которого вызвало образование кратера Коперник, двигался по отношению к Луне с космической скоростью в несколько десятков километров в секунду и произвел резко выраженные взрывные явления.

Ударное происхождение лунных кратеров детально изучалось также Р. Болдуином,

который показал, что типичные и хорошо изученные земные метеоритные кратеры по своим основным свойствам (по соотношению размеров, глубины, высоты валов) вполне соответствуют самым разнообразным лунным кратерам. Вместе с тем проявление тектонических явлений на Луне также не подлежит сомнению. Об этом свидетельствуют общие закономерности в ходе всей истории лунной поверхности и такие образования, как купола, которые явно не ударного происхождения. Таким образом, вопрос о способе образования лунного рельефа еще полностью не решен. Наиболее вероятно, формирование лунного рельефа — результат действия обеих причин одновременно: падение крупных метеоритных и тем более астероидальных масс могло возбуждать ответную тектоническую активность, увеличивая расплавленное состояние внутреннего вещества Луны.

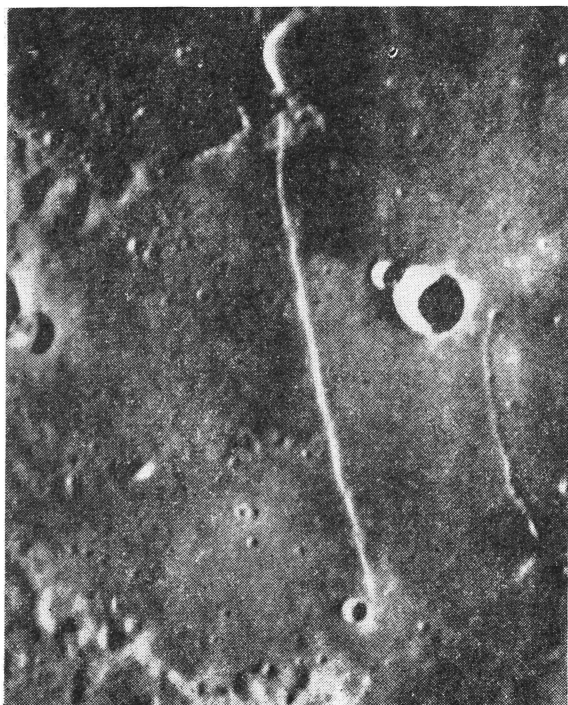
Пример подобного ответного действия, проявившегося в земных условиях, — двойной метеоритный кратер Клир Уотер Лейк, недавно открытый в Северной Канаде на широте 56°. Здесь, очевидно, произошло одновременное падение двух крупных метеоритных масс. Внутри большого кратера диаметром около 35 км возникла кольцевая гряда, параллельная его наружному валу, очевидно вулканического происхождения. Возможно, что в условиях весьма нагретого лунного вещества, близкого к состоянию расплавления, сильные удары метеоритов действительно могли вызывать ответную вулканическую реакцию.

* * *

Остановимся теперь на свойствах наружного покрова Луны. Измерения теплового излучения Луны привели к заключению о наличии сравнительно тонкого, возможно пылевого, слоя крайне малой теплопроводности, толщиной в несколько миллиметров. Фотографии лунной поверхности, сделанные станцией «Луна-9» с расстояния, начиная с нескольких метров, показали, что поверхность Луны не покрыта каким-либо пылевым слоем, как предполагалось ранее некоторыми исследователями, а имеет твердую шероховатую структуру.

Свойства вещества лунной поверхности до сих пор изучались по его цветовым, отражательным и поляризационным особенностям. Так, например, Н. Н. Сытинская, сопоставляя цвета и отражательные способности

Область Прямой стены с параллельной бороздкой. Фотография получена на 82-дюймовом рефлекторе обсерватории Мак Дональд



различных деталей на Луне и ряда земных минералов — гранитов, базальтов, песчаников, а также различных конгломератов, установила резкое отличие лунных пород от земных. Оказалось, что лунные породы характеризуются малым диапазоном цвета и отражательной способности, в то время как земные минералы, особенно в горных сухих пустынях, при отсутствии пылевого покрова отличаются самой разнообразной окраской (достаточно указать на замечательную по своей расцветке горную долину, ведущую от Кении вдоль Нила до Красного моря).

Лабораторные эксперименты свидетельствуют о том, что крайняя однородность лунной поверхности может быть объяснена облучением некоторых минералов высокочастотной радиацией. Например, Б. Гапке нашел, что минералы, богатые слабо окисленными металлами — железом, медью и др., довольно быстро темнеют при облучении протонами с энергией около 5 кэв, что обуславливается образованием свободных ионов металла около поверхности.

Другая удивительная особенность лунного поверхностного слоя, отражающего солнечные лучи, заключается в характере индикатрисы отражения*. При освещении лунной поверхности больше всего света отражается в направлении, обратном падающему лучу (Напомним, что идеально матовая поверхность отражает свет по всем направлениям пропорционально косинусу угла падения.) При таком законе отражения каждый элемент лунной поверхности кажется особенно ярким, когда падающий луч совпадает с направлением отраженного, т. е. во время полнолуния. Яркость элемента поверхности почти не зависит от его наклона к лучу зрения наблюдателя. Вследствие этого весь лунный диск представляется практически одинаково ярким как в центре, так и на краях, что создает впечатление какой-то плоской тарелки, а не сферического тела. По мере уменьшения угла фазы, т. е. по мере приближения к моменту полнолуния, яркость Луны быстро возрастает и проходит через резкий максимум.

Детальное рассмотрение этих особенностей показало, что поверхность Луны в масштабе, сравнимом с длиной световых волн, должна отличаться сложной разветвленной

структурой, такой, что при ее освещении один элемент может затенять другой. Наименьший эффект получается, очевидно, когда падающий луч совпадает с отраженным. Наоборот, поверхность соседнего с нами Марса — единственной планеты, у которой предполагаются какие-то формы жизни, отличается полной гладкостью, почти совпадающей с гладкостью абсолютно матовых поверхностей. Создается, таким образом, на первый взгляд парадоксальное положение. Необитаемая Луна отличается микроструктурой поверхности, имитирующей растительность, а Марс, где имеется атмосфера и некоторые признаки водяных паров, оказывается просто песчаной пустыней. Аналогичные особенности в микроструктуре получаются и при рассмотрении поляризационных свойств поверхности Луны. Интересно, что даже наибольшая степень по-

Кратеры Кирилл, Теофил, Катарина. На снимке, сделанном на 40-дюймовом рефлекторе Йеркской обсерватории, видна последовательность в образовании лунных кратеров



* Индикатрисой называется полярная диаграмма, показывающая распределение отраженных (рассеянных) лучей по углам отражения.

ляризации для всего лунного диска не превосходит 8% (при угле фазы в 90°) и лишь для морей поднимается до 20%. Сравнение с земным веществом показывает, что наблюдаемые поляризационные особенности достигаются при ветвистой или сотовидной структуре поверхности.

Причина подобных особенностей структуры лунной поверхности заключается в продолжительных (миллиарды лет!) разнообразных космических влияниях. Луна испытывает постоянные удары микрометеоритов, число которых быстро возрастает с уменьшением массы. Они разрушают ее поверхностный слой. Кроме того, Луна подвергается облучению солнечным ветром, состоящим преимущественно из протонов — положительно заряженных ядер водорода, движущихся со скоростью тысячи километров в секунду. Далее, как это можно судить по веществу метеоритов, странствующих самостоятельно в межпланетном пространстве в течение сотен миллионов лет, известную эрозию лунной поверхности вызывают первичные космические лучи. Еще одна причина эрозии — резкие перепады температуры, достигающие в течение лунных суток почти до 300° , которым Луна подвергалась за время своего существования по крайней мере 50 млрд. раз.

Облучение космическими лучами и солнечным ветром должно привести к накоплению заметного положительного заряда веществом лунной поверхности. Ранее Ж. Грейнджер оценивал его в 5 *в.*, но теперь после расчетов С. Зингера принимают величину заряда даже в 20—25 *в.* Наличие заряда может понижать теплопроводность наружного слоя Луны.

Оптические особенности лунной поверхности проявляются только в масштабе тысячных долей миллиметра, так как размеры отражающих зерен поверхностного слоя Луны в среднем около 5 *мк*. В радиодиапазоне сантиметровых и метровых волн условия отражения оказываются совсем иными. При увеличении длины волны отражательные свойства поверхности Луны приближаются к свойствам зеркально отражающей сферы. Детальное обследование лунной поверхности при помощи радаров, начавшееся в 1946 г., проводилось на разных обсерваториях, в том числе в Серпухове под Москвой на Окской станции ФИАН СССР. Было показано, что на длине волны около 10 *см* примерно 50%

потока радиоволн отражается от центральной части Луны (размером 0,1 ее радиуса), а остальная энергия рассеивается приблизительно по закону Ламберта. При увеличении длины волны эта диффузная составляющая постепенно уменьшается, и Луна все больше приобретает свойства идеального отражателя. Таким образом, теперь можно судить о размерах неровностей лунной поверхности, оказавшихся в полном согласии со снимками, которые передала автоматическая станция «Луна-9». Кроме того, на основании измерения отражательной способности, равной в среднем 0,06, получено, что величина диэлектрической постоянной (примерно 2,72) соответствует сухим песчаным почвам Земли.

Сделаем несколько замечаний о люминесценции, обнаруженной около кратеров Тихо, Аристарх и в некоторых других областях Луны. Некоторые лунные породы при облучении их солнечной ультрафиолетовой радиацией, гамма-лучами и протонами высоких энергий, переизлучают энергию в области видимого спектра. Впервые на возможность такого явления указал еще Ф. Линк в 1946 г. Десять лет спустя Ж. Дюбуа и одновременно Н. А. Козырев дали способ количественного определения, основанный на измерении контуров отдельных линий солнечного спектра, которые при наложении на них люминесцирующего свечения становятся менее глубокими. Люминесценция сосредоточивается лишь в отдельных эмиссионных полосах: 390, 420, 430, 440 *мк*, и яркость их по сравнению с отраженным солнечным спектром, по оценкам Дюбуа, повышается на 10—20%. Согласно М. И. Миртовой, в области люминесценции кратера Аристарха имеется полоса 450—550 *мк*. Эти явления указывают, что на поверхности Луны встречаются сложные минералы, в которые входят элементы с большим атомным весом. На Земле минерал шеелит (CaWO_4) — окисленное соединение кальция и вольфрама люминесцирует с такой же частотой испускания.

Луна, как видно из особенностей ее рельефа, прошла долгую и сложную эволюцию. Однако она и теперь не мертвое тело, подверженное лишь внешним воздействиям. Напротив, в отдельных частях Луны происходят изменения, правда довольно редкие, но все же заметные. Достаточно указать на исчезновение в 1866 г. кратера Линнея диаметром 10 *км*, расположенного в средней ча-

сти Моря Ясности. Вместо него осталось только глубокое отверстие диаметром около 2 км, а валы прежнего кратера, по-видимому заполнившегося массой расплавленного вещества, теперь едва только намечаются. В 1891 г. там же были замечены некоторые изменения степени белесоватости во время полного лунного затмения.

Более мелкие изменения происходят и в других местах. Так, во внутренней части кратера Альфонс подозревается уже давно некоторое помутнение, а затем там спектроскопически обнаружили выход газов. Довольно загадочные события происходят, по-видимому, у северной оконечности огромного Моря Дождей. Предполагают, что видимые там светлые полосы, а также как будто и строение рельефа несколько меняются. А. В. Марков и другие наблюдатели констатировали там изменения цветности и отражательной способности. Причина этого еще неизвестна.

Некоторые наблюдатели отмечали также изменение отражательной способности радиальных зон восточного вала кратера Аристарх.

* * *

В проблеме происхождения и эволюции лунного рельефа, а также в наблюдаемых свойствах поверхности Луны еще много неясного. Однако за последнее десятилетие кроме наземных телескопических исследований стали проводиться эксперименты вблизи Луны и на ее поверхности. Полеты советских лунников и американских космических аппаратов позволяют уточнить современные представления о Луне. Эти эксперименты имеют неоценимое значение также для познания нашей Земли и других планет солнечной системы.

Что читать о Луне

1. «Луна». Сборник под редакцией А. В. Маркова. Москва, Физматгиз, 1960.
2. «Новое о Луне». Сборник, Москва, Изд-во АН СССР, 1963.
3. З. д. Копал. «Луна». Москва, Изд-во иностр. лит., 1963.
4. Н. Н. Сытинская. «Природа Луны». Москва, Физматгиз, 1959.



ЧАСТО ЛИ СТАЛКИВАЮТСЯ ГАЛАКТИКИ?

Скорости движения галактик относительно друг друга измеряются сотнями километров в секунду. Столь огромные по земным масштабам, эти скорости кажутся совершенно ничтожными, если их сопоставить с расстояниями, разделяющими галактики. Среднее расстояние между галактиками около 3 Мпс. Чтобы пройти такое расстояние, галактике, движущейся со скоростью 1000 км/сек, требуется около миллиарда лет. К тому же галактики далеко не всегда движутся по направлению друг к другу. Поэтому за 10—15 млрд лет суще-

ствования галактик лишь незначительная их часть испытывает столкновения.

Иначе обстоит дело в скоплениях галактик, где среднее расстояние между галактиками значительно меньше 3 Мпс.

Расчеты, проведенные студентом-астрофизиком МГУ В. М. Томазовым для очень богатого скопления галактик в созвездии Волос Вероники, показали, что за 10 млрд лет в этом скоплении произошло около 200 столкновений галактик. Это число невелико, если учесть, что скопление состоит из нескольких тысяч нор-

мальных по светимости галактик. Заметим, что больше половины столкновений происходит между массивными эллиптическими и линзовидными галактиками.

Столкновение галактик обычно не сопровождается грандиозными катастрофами, разрушающими всю систему. Галактики просто проходят друг сквозь друга и столкновение даже одной пары звезд маловероятно. Зато на пыль и газ, находящиеся между звездами в галактиках, столкновения действуют совершенно иначе. Межзвездная среда может получить такое количество энергии, что значительная часть ее может навсегда покинуть пределы галактики.

Роль столкновений галактик в жизни скоплений еще мало изучена.

А. В. ЗАСОВ

ИСКУССТВЕННЫЕ СПУТНИКИ ЛУНЫ

Е. П. АКСЕНОВ,
кандидат физико-математических наук

3 апреля 1966 г. впервые в истории на окололунную орбиту была выведена советская автоматическая станция «Луна-10». Создание искусственных спутников Луны — это новый и необходимый этап в освоении космоса, открывающий большие возможности для непосредственного изучения физических свойств Луны и окололунного пространства.

В настоящее время еще трудно перечислить все те исследования, которые могут быть вы-

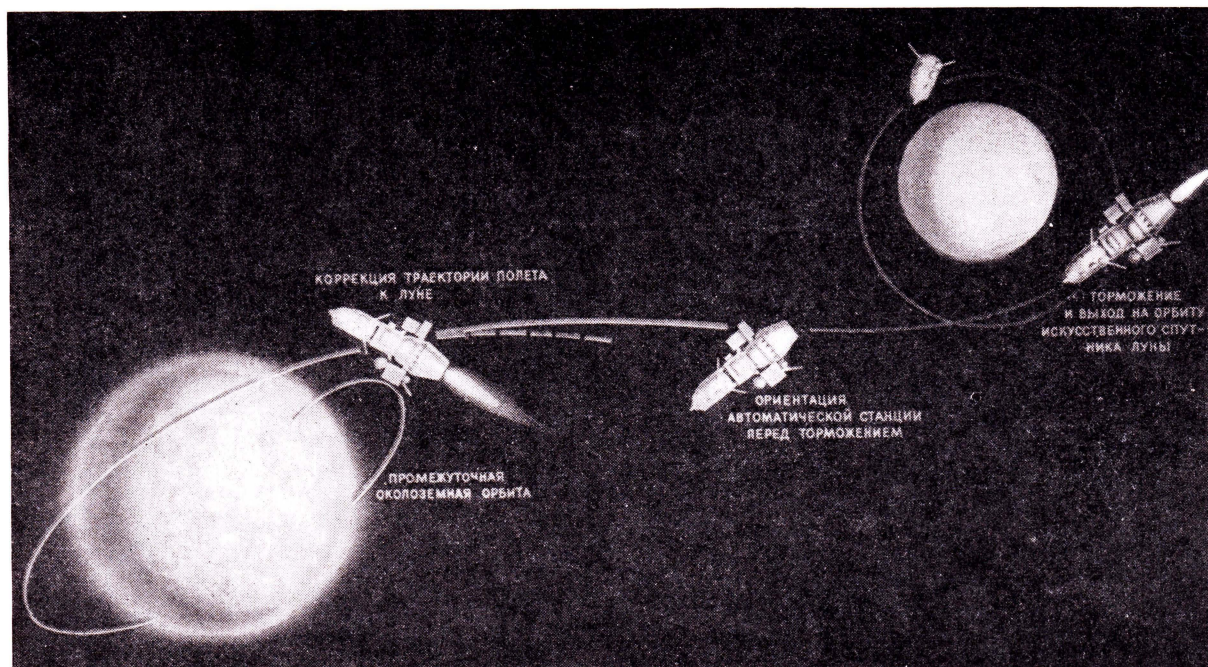
полнены с помощью спутников Луны. Еще труднее говорить о наиболее важных результатах этих исследований. Каждый новый спутник будет приносить нам новую информацию и, возможно, то, чего мы сейчас не ожидаем, и будет самым интересным и важным.

Однако уже сейчас можно говорить не только о проблемах, которые несомненно будут решаться в ближайшее время, но и о тех новых результатах, которые получены или могут быть получе-

ны с помощью первого искусственного спутника Луны.

Прежде всего остановимся на чисто динамических вопросах, связанных с выводом спутника на орбиту и его движением вокруг Луны, а затем рассмотрим такие задачи, как изучение гравитационного поля и фигуры Луны, исследование магнитного поля, радиационной и микрометеорной обстановки вблизи Луны, изучение естественной радиоактивности и химического состава лунных пород.

Схема полета автоматической станции «Луна-10»



ВЫВОД СТАНЦИИ НА ОКОЛОЛУННУЮ ОРБИТУ

Начало движения автоматической станции «Луна-10» принципиально ничем не отличалось от движения других станций, направленных ранее к Луне. С помощью мощной ракеты она была выведена на временную орбиту искусственного спутника Земли со следующими параметрами: наименьшее расстояние от поверхности Земли (высота перигея) — 200 км; наибольшее расстояние от поверхности Земли (высота апогея) — 250 км; наклонность к плоскости земного экватора около 52° . Затем станция была переведена на траекторию движения к Луне. В отличие от траектории «Луны-9», осуществившей мягкую посадку

на Луну, траектория «Луны-10» должна проходить не через определенную точку лунной поверхности, а через некоторую точку пространства, удаленную от Луны примерно на 1000 км.

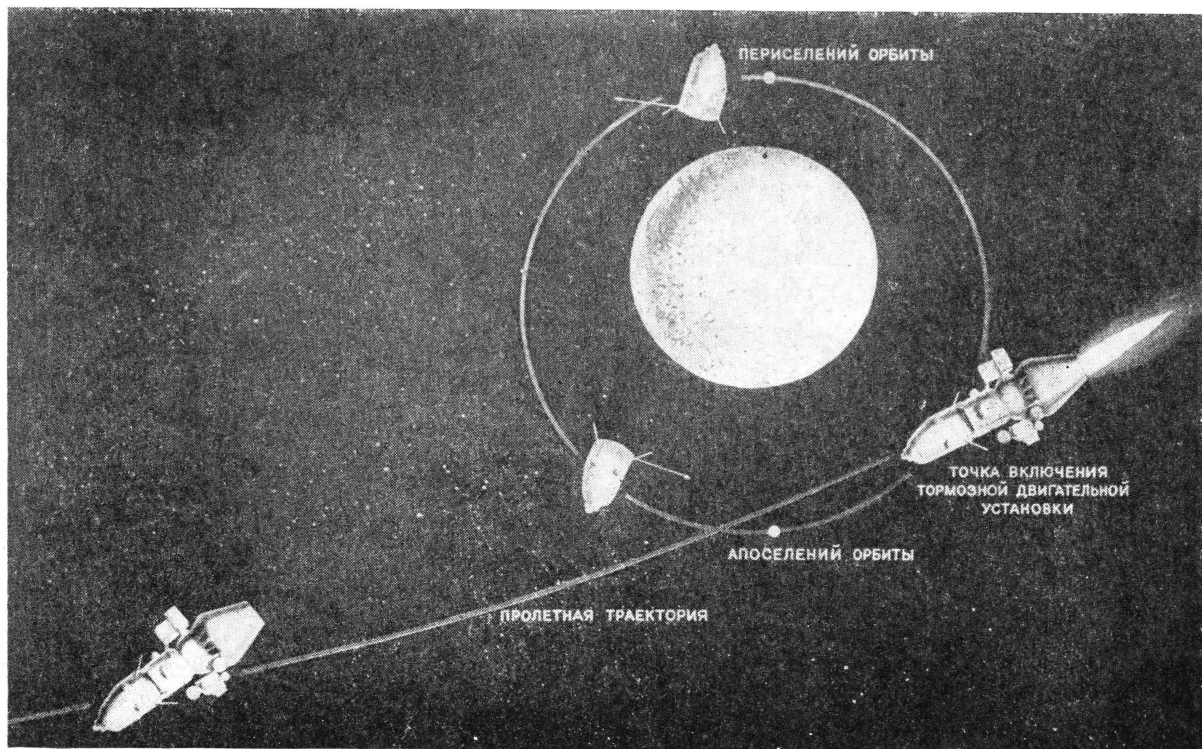
Траекторию движения станции к Луне можно разбить на две части: участок движения в сфере действия Земли (но вне сферы действия Луны) и участок движения в сфере действия Луны. На первом участке сила притяжения Земли преобладает над силой притяжения Луны, на втором, наоборот, преобладает притяжение Луны. Сфера действия Земли распространяется за пределы лунной орбиты, а радиус сферы действия Луны равен примерно 66 000 км.

При старте с временной орбиты искусственного спутника

Земли «Луна-10» имела скорость около 10,9 км/сек. Время полета до Луны, соответствующее этой скорости, составляло около трех с половиной суток. При входе в сферу действия Луны скорость станции относительно Луны была равна около 1 км/сек, а затем вблизи Луны эта скорость достигла 2,1 км/сек. Такая скорость является гиперболической относительно Луны, и если ее не уменьшить, то станция обязательно выйдет из сферы действия Луны и превратится в искусственный спутник Земли с очень вытянутой орбитой. Чтобы «Луна-10» стала спутником Луны, необходимо было уменьшить скорость примерно до 1,25 км/сек.

Поэтому заранее, примерно на расстоянии 8000 км от по-

Выход искусственного спутника Луны на орбиту



верхности Луны, станцию ориентировали по звездам так, чтобы в момент торможения сопло двигателя было направлено в сторону, противоположную движению. Затем в заранее рассчитанной точке начала работы двигательная установка, после выключения которой скорость автоматической станции снизилась с 2,1 до 1,25 км/сек. Это и обеспечило переход станции на орбиту искусственного спутника Луны. Заметим, что торможение — это необходимый этап не только при запуске данного спутника, но практически и при запуске всех последующих спутников Луны. Через 20 секунд после выключения двигателя искусственный спутник отделился от двигательной установки и отсеков системы управления. С этого времени вмешательство человека в движение станции прекратилось, и она полностью перешла под контроль главным образом силы притяжения Луны. Силы притяжения Земли и Солнца относительно менее значительны в данной области пространства.

ДВИЖЕНИЕ СПУТНИКА ЛУНЫ

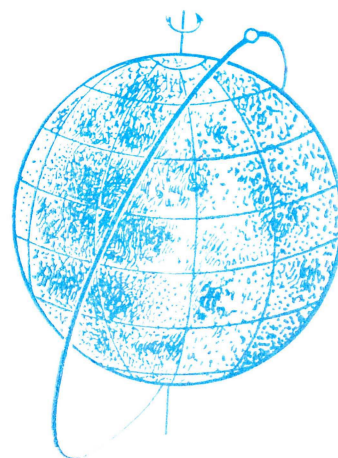
После отделения автоматической станции от двигательной установки станция стала небесным телом, движение которого определяется законами небесной механики. Первоначальная орбита искусственного спутника характеризовалась следующими параметрами: наименьшее расстояние от поверхности Луны (высота перигентра, или периселения) — 350 км, наибольшее расстояние от поверхности Луны (высота апоцентра — апоселения) — 1017 км, наклонность орбиты к плоскости лунного экватора $71^{\circ}54'$. Таким образом, если бы Луна была изолированным в пространстве шаром (однород-

ным или с концентрическим распределением плотности), то орбита спутника оказалась бы неизменным эллипсом, один из фокусов которого совпадал бы с центром масс Луны. Большая полуось и эксцентриситет этого эллипса были бы равны соответственно 2422 км и 0,138, а период обращения спутника — $2^{\text{ч}}58^{\text{м}}15^{\text{с}}$.

Но в действительности Луна не изолирована в пространстве и ее фигура отличается от сферической. Поэтому все параметры (элементы) орбиты спутника будут изменяться со временем. При этом некоторые изменения параметров — или, как принято называть в небесной механике, возмущения элементов — будут носить вековой характер, другие — периодический. Среди периодических возмущений имеются долгопериодические, период которых составляет несколько тысяч оборотов спутника, а их амплитуды, как правило, значительно превосходят амплитуды короткопериодических возмущений. При изучении эволюции орбиты на больших промежутках времени, очевидно, первостепенное значение имеют вековые и долгопериодические возмущения.

Какие же возмущающие факторы оказывают влияние на движение спутника Луны? Это — несферичность Луны, притяжение Земли и притяжение Солнца. Кроме того, на движение больших и легких спутников заметное влияние будет оказывать и сила солнечного светового давления.

Рассмотрим сначала влияние несферичности Луны. Этот фактор вызывает прецессию плоскости орбиты спутника вокруг оси вращения Луны в направлении, обратном направлению движения самого спутника. Он же обуславливает вращение большой оси эллипса в плоскости орбиты (в данном случае также



Орбита первого искусственного спутника Луны

в обратном направлении). Наконец, несферичность Луны вызывает долгопериодические возмущения эксцентриситета орбиты, вследствие чего наименьшее (а также и наибольшее) расстояние до поверхности Луны будет колебаться в некоторых ограниченных пределах.

К сожалению, мы сейчас имеем весьма грубое представление о постоянных, характеризующих гравитационное поле Луны. В какой-то степени нам известно, помимо массы Луны, ее полярное сжатие. Поэтому очень трудно привести здесь количественные характеристики возмущений. Однако, если принять для сжатия Луны величину $0,00036^*$ и допустить, что все остальные постоянные на два-три порядка меньше этой величины (как это имеет место в случае Земли), то мы получим, что скорость прецессии плоско-

* Этот результат получается при исследовании вековых возмущений перигея и узла лунной орбиты, вызываемых несферичностью самой Луны.

сти орбиты будет приблизительно равно $10'$ в сутки, а большая ось орбиты за одни сутки будет поворачиваться на угол, равный около $8',5$.

Рассмотрим теперь влияние притяжения Земли и Солнца. Считая, что средние расстояния спутника и Земли до центра Луны соответственно равны 2420 км и 384 400 км, а отношение масс Луны и Земли составляет 1:81,3, найдем, что ускорение, сообщаемое спутнику Землей, в 0,0032 раза меньше, чем ускорение, вызываемое притяжением Луны. Поскольку мы рассматриваем движение спутника относительно Луны, то нас интересует разность ускорений, вызываемых Землей в движении спутника и Луны. А эта величина будет в 0,00002 раза меньше ускорения, сообщаемого спутнику Луной. И все-таки притяжение Земли может существен-

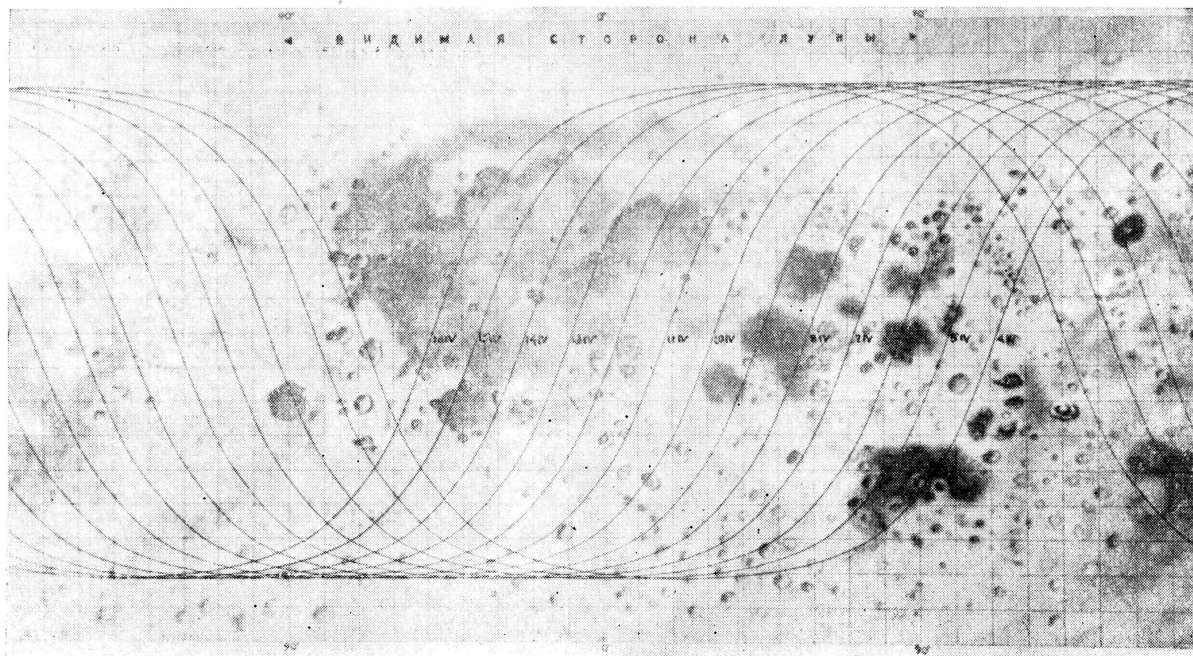
но изменять параметры орбиты спутника. Например, наименьшее расстояние орбиты до поверхности Луны будет колебаться с амплитудой порядка 100 км. Период такого колебания будет составлять около 10 000 оборотов спутника.

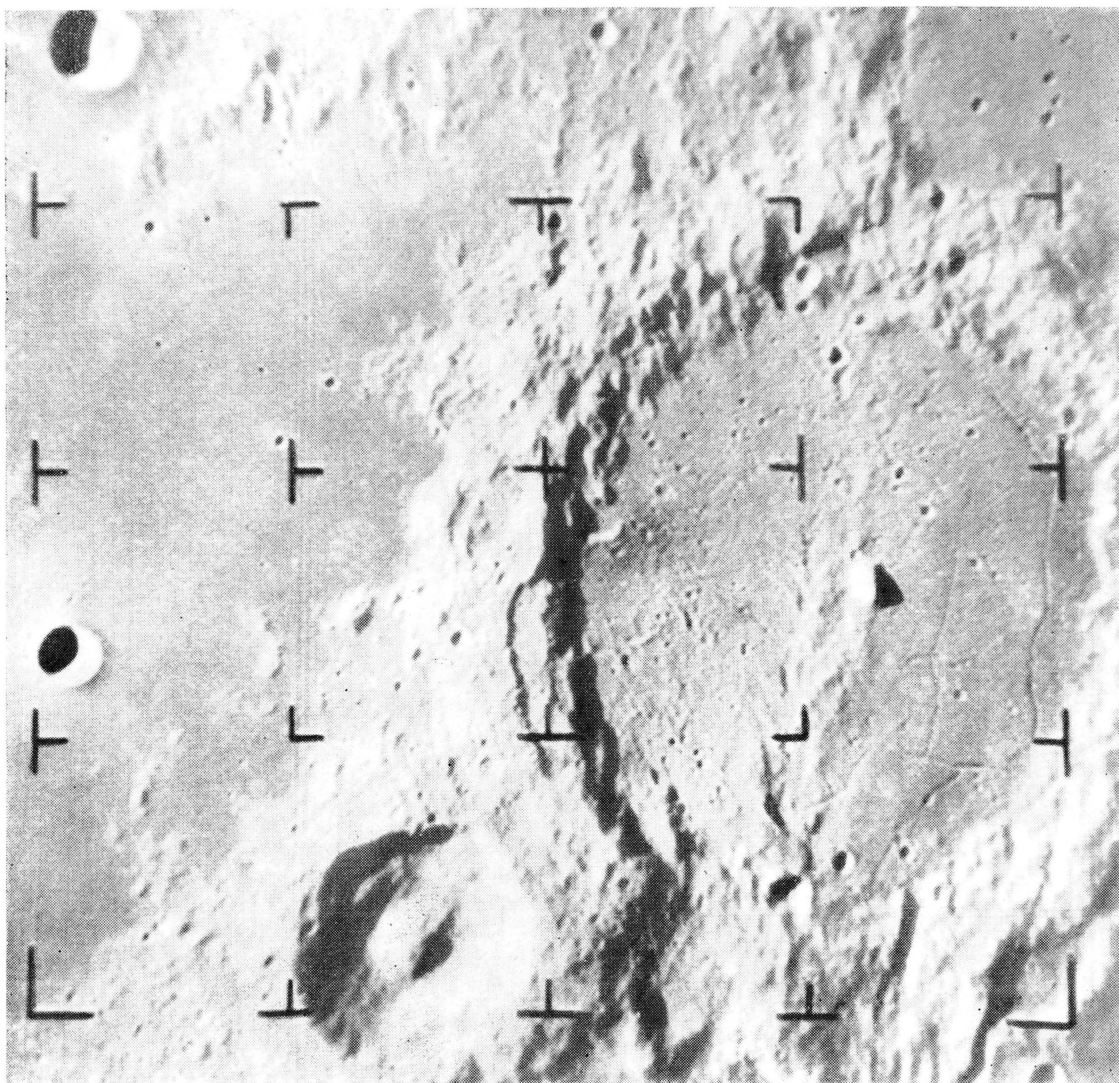
Конечно, притяжение Земли скажется и на прецессии орбиты, и на вращении большой оси в плоскости самой орбиты, но менее значительно, чем несферичность Луны. Возмущения, вызываемые притяжением Солнца, для данного спутника будут в 100—1000 раз меньше возмущений, обусловленных притяжением Земли.

Остановимся теперь на вопросе о времени существования искусственного спутника Луны. Как известно, большинство искусственных спутников Земли движется вокруг нашей плане-

ты не вечно. Сопротивление атмосферы непрерывно уменьшает большую полуось и эксцентриситет орбиты, и спутник неизбежно (если не успеет сгореть) падает на Землю. Луна не имеет сколько-нибудь заметной атмосферы. Поэтому время существования спутника в основном зависит от рассмотренных выше возмущающих сил. Действие этих сил, имеющих гравитационную природу, качественно отличается от действия силы сопротивления. Они не вызывают вековых изменений большой полуоси и эксцентриситета, но, как уже говорилось, приводят к периодическим изменениям высоты перигентра и высоты апоцентра. Численные значения границ этих колебаний зависят прежде всего от тех постоянных гравитационного поля Луны, которые нам совершенно неизвестны. Если окажется, что ампли-

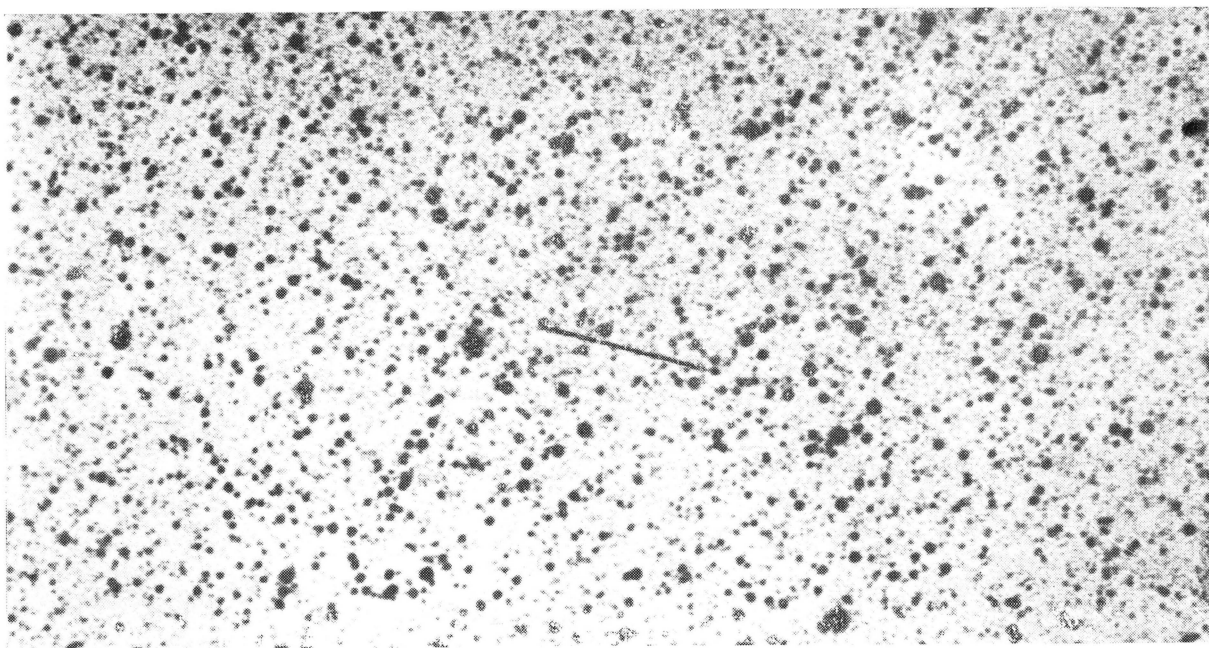
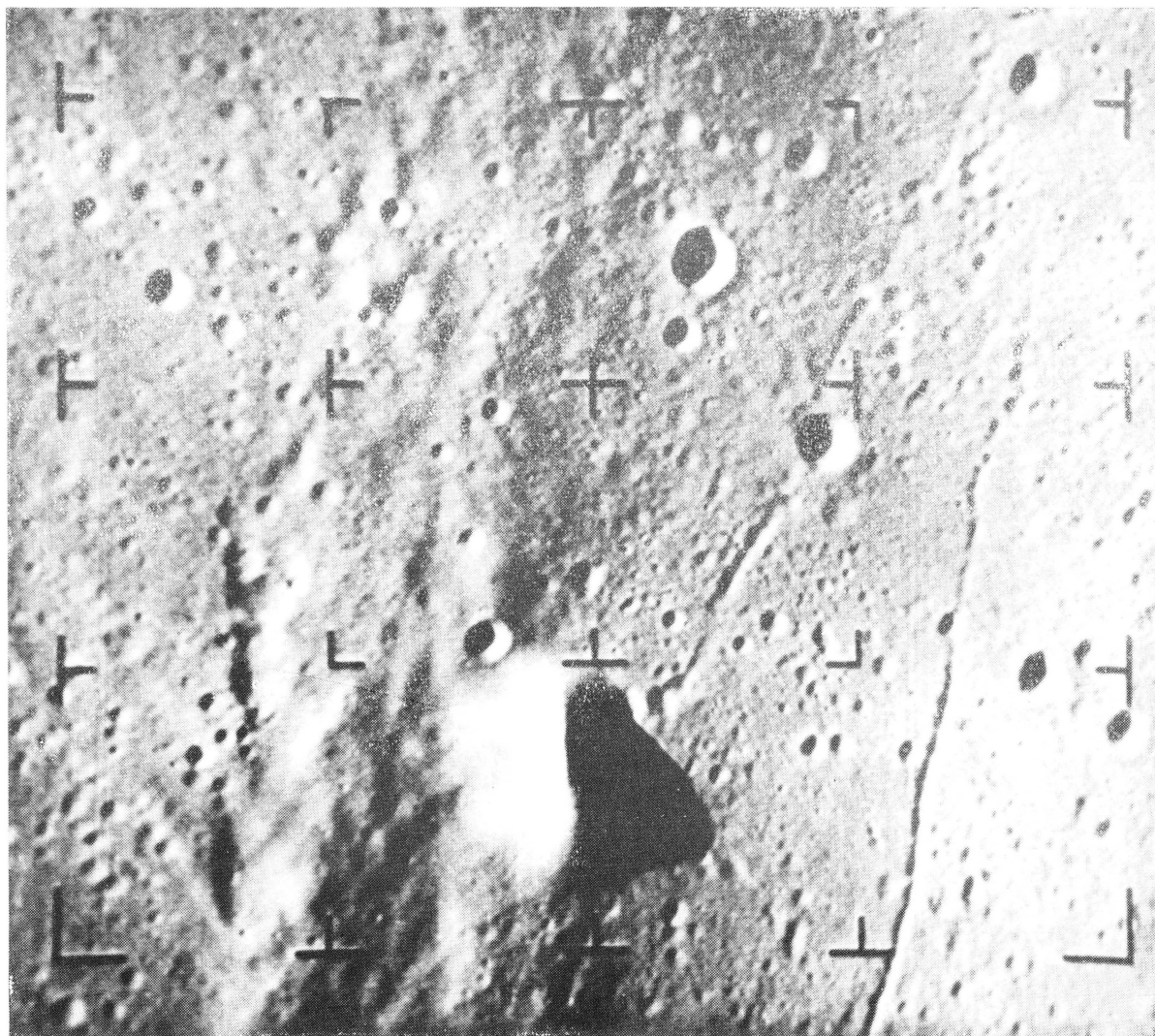
Развернутая карта лунной поверхности со схемой полета автоматической станции «Луна-10»





Две последовательные фотографии (эта и сверху на обратной стороне вклейки) кратера Альфонс и его центрального пика, полученные космическим аппаратом «Рейнджер-9», соответственно с высоты 415 и 93 км [к статье В. Г. Фесенкова «Природа Луны»].

Внизу на обратной стороне вклейки фотография области неба в созвездии Скорпиона, где был впервые обнаружен Икар. [Увеличенный негативный отпечаток небольшого участка фотографии.] К статье В. А. Бронштэна «Свидание с Икаром», рис. 1



туда колебания высоты перигея будет больше средней его величины, то обязательно наступит такой момент, когда спутник врежется в Луну. Но поскольку период долгопериодических возмущений порядка 10 000 оборотов спутника, то спутник будет существовать несколько лет. Если же окажется, что эта амплитуда будет меньше средней высоты перигея, то время существования спутника возрастет. Однако нельзя утверждать, что в этом случае спутник будет существовать вечно. Почему? Дело в том, что нарисованная здесь картина движения основана на применении методов теории возмущений, которые, хотя и дают возможность очень точно описывать движение на больших интервалах времени, все же являются приближенными методами, позволяющими делать заключения лишь на ограниченном промежутке времени. Поэтому в действительности движение спутника будет более сложным, и мы до сих пор не имеем математически строгого доказательства его орбитальной устойчивости или неустойчивости.

ПОСТОЯННЫЕ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ И ФИГУРА ЛУНЫ

Рассмотрим теперь те возможности, которые открывают науке искусственные спутники Луны для решения важной проблемы,— определения астрономических постоянных. Точное знание этих постоянных имеет не только большое теоретическое, но и практическое значение, ибо они имеют непосредственное отношение ко многим вопросам (происхождение Луны, осуществление дальнейших полетов к Луне и т. д.).

Решение проблемы потребует высокоточных наблюдений радиотехническими и оптическими методами за движением целого на-

бора спутников вокруг Луны. Кроме того, необходимо разработать достаточно точные теории движения спутников.

Какие же постоянные можно определить из сравнения теории движения спутников с результатами наблюдений?

Прежде всего, определив из наблюдений период обращения спутника вокруг Луны и другие элементы орбиты, можно уточнить численное значение отношения массы Земли к массе Луны. Прежние способы определения этой важной постоянной, основанные на наблюдениях малой планеты Эрос и Солнца, были не только очень трудоемкими, но и недостаточно точными. В последние годы с помощью наблюдений космических ракет, проходивших вблизи Луны, эта постоянная была уточнена и в настоящее время принята равной 81,30. Изучение движения спутников Луны позволит не только проверить этот результат, но и получить еще более точное значение. Следует заметить, что все прежние способы фактически были основаны на исследовании возмущений (обычно очень малых), вызываемых Луной в движении постороннего для системы Земля — Луна небесного тела. Новый способ основан на изучении главным образом невозмущенного движения спутника. Поэтому он является безусловно более надежным.

Другая (не менее важная) постоянная, которая может быть определена из анализа движения спутника Луны,— произведение постоянной тяготения на массу Луны. Эта постоянная характеризует основную часть силы притяжения Луны. Дело в том, что потенциал поля притяжения Луны математически представляется рядом, первый член которого примерно в 1000 раз превосходит все остальные и полностью определяется этой постоянной. Хотя остальные члены ряда значительно

меньше первого, однако именно они в основном определяют эволюцию орбиты спутника. Поэтому знание постоянных, характеризующих эти члены, имеет большое значение для прогнозирования движения всех последующих искусственных спутников Луны. Кроме того, эти постоянные имеют непосредственное отношение к фигуре Луны. Наиболее интересны две постоянные, характеризующие полярное сжатие Луны и эллиптичность ее экватора. Полярное сжатие Луны можно надежно найти, зная скорость прецессии плоскости орбиты спутника вокруг оси вращения Луны.

Так как Луна не является телом, динамически симметричным относительно оси вращения, то в движении спутника возникнут возмущения с периодом, равным периоду вращения Луны около своей оси (или вдвое меньшим). Амплитуды таких возмущений будут зависеть от тех постоянных, которые и отличают Луну от осесимметричного тела. Поэтому анализ возмущений с периодом в 27,3 суток позволит определить эти постоянные и, в частности, постоянную, характеризующую эллиптичность лунного экватора.

Знание полярного сжатия и эллиптичности лунного экватора дает полное представление о Луне как трехосном эллипсоиде. Определение же других постоянных гравитационного поля позволит в дальнейшем установить более точно фигуру Луны. Некоторые из указанных выше постоянных могут быть найдены, вероятно, уже по наблюдениям «Луны-10».

Следует заметить, что когда говорится об определении массы Луны, то речь идет об уточнении численной величины массы, поскольку два знака этой величины точно известны. Иначе обстоит дело с другими постоянными, величины которых почти совершенно не известны. Поэтому задача

закljučается не в уточнении, а в определении этих постоянных. Здесь как раз и можно ожидать очень важные результаты.

Интересно сопоставить имеющиеся сейчас сведения о фигуре Луны. Согласно теории вращающейся жидкой массы, находящейся в поле притяжения Земли, все частицы которой взаимно притягиваются по закону Ньютона, Луна должна иметь форму трехосного эллипсоида. Его малая полуось, направленная по оси вращения Луны, и большая полуось, направленная к Земле, должны отличаться от средней экваториальной полуоси соответственно на 16 и 65 м. Из теории физической либрации Луны следует, что малая полуось лунного эллипсоида примерно на 500 м короче средней экваториальной полуоси, а полуось, направленная к Земле, длиннее меньшей полуоси почти на 700 м. Наконец, из обработки фотографических наблюдений Луны, выполненных на самых мощных телескопах, следует, что разность между большой и малой полуосями равна 13,5 км, а разность между средней и малой полуосями — 5,8 км. Как сопоставить эти результаты? Если в первых двух случаях под фигурой Луны понимается динамическая фигура, т. е. такая поверхность, на которой потенциал силы тяжести принимает одно и то же значение (уровенная поверхность), то в последнем случае имеется в виду чисто геометрическая форма Луны, т. е. такая поверхность, которая получилась бы в результате сглаживания Луны от всех неровностей. Поэтому те данные, которые будут найдены из наблюдений спутников Луны, можно сравнивать с результатами, полученными первыми двумя способами. По-видимому, они должны быть ближе к тем, которые дает нам теория физической либрации Луны, ибо эти результаты опираются на наблюдения и имеют

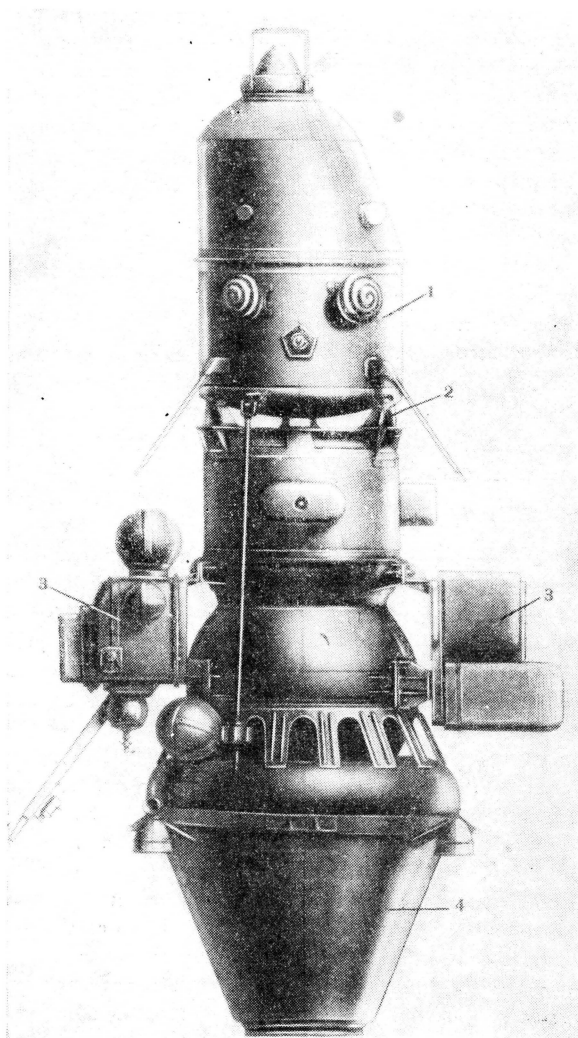
достаточное механическое обоснование.

Несогласованность данных, полученных различными способами, должна пролить свет на внутреннее строение Луны и в конечном счете приблизить нас к решению вопроса о происхождении естественного спутника Земли.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОКОЛОЛУННОГО ПРОСТРАНСТВА

Еще в 1959 г. с помощью космической ракеты «Луна-2» было установлено, что магнитное поле Луны, если оно существует, по крайней мере в тысячу раз слабее магнитного поля Земли.

Автоматическая межпланетная станция «Луна-10»:
1 — искусственный спутник Луны; 2 — система отделения искусственного спутника Луны; 3 — аппаратура системы астроориентации; 4 — двигательная установка



Более чувствительные магнитометры, установленные на спутниках, позволяют не только точнее оценить величину магнитного поля Луны, но и изучить изменения этого поля со временем. Интересная информация об этом поступает со спутника «Луна-10». Начатые сразу же (3 апреля 1966 г.) измерения магнитного поля Луны свидетельствуют о наличии слабого однородного магнитного поля с напряженностью, несколько большей напряженности магнитного поля межпланетного пространства в магнитоспокойное время.

Сейчас еще рано утверждать, что обнаружено собственное поле Луны. Дело в том, что непрерывный поток частиц, идущих от Солнца (солнечный ветер), взаимодействуя с магнитным полем Земли, деформирует его так, что силовые линии геомагнитного поля вытягиваются в сторону, противоположную Солнцу, образуя «магнитный хвост» Земли. В промежутке между 5 и 6 апреля угол Солнце — Земля — Луна был близок к нулю. Поэтому, если допустить, что магнитный хвост Земли простирается до орбиты Луны, то в это время должно на-

блюдаться наибольшее значение напряженности поля. При сопоставлении результатов наблюдений, проведенных с 3 по 9 апреля, мы и получаем такую картину. Дальнейшие измерения, которые будут выполнены вне магнитного хвоста, вероятно, позволят ответить на вопрос о том, вызваны ли изменения напряженности магнитного поля магнитным полем Луны или магнитным хвостом Земли.

Со спутника «Луна-10» поступает также интересная информация о радиационной обстановке в окрестностях Луны.

9 апреля два счетчика заряженных частиц отметили интенсивность радиации, в 10—20 раз превышающую уровень фона, обусловленного частицами космических лучей. Из наблюдений, проведенных в период полнолуния, следует, что, как и в случае магнитного поля, существует зависимость интенсивности радиации от положения Луны относительно линии Солнце — Земля.

Большой интерес представляет исследование интенсивности и спектрального состава гамма-излучения. Данные, полученные

над различными районами лунной поверхности, говорят о повышенной интенсивности гамма-излучения, вызванного главным образом взаимодействием космических лучей с поверхностным слоем лунного вещества. Судя по имеющимся данным, содержание естественных радиоактивных элементов (уран, торий, калий-40) в лунных породах, по-видимому, соответствует содержанию этих элементов в базальтовых породах Земли.

В заключение остановимся на исследованиях микрометеорной обстановки вблизи Луны. С 3 по 12 апреля проводилась регистрация метеорных частиц, масса которых превышает одну стомиллионную долю грамма. Примерно за 5 часов было зарегистрировано 53 удара. Таким образом, среднее число ударов на 1 м^2 в 1 секунду почти в 100 раз превосходит среднее число ударов в межпланетном пространстве. Вопрос о том, принадлежит ли это сгущение частиц Луне или оно аналогично сгущениям, имеющимся в межпланетном пространстве, будет решен позднее, после получения дополнительных данных.



В КОСМОСЕ «ПРОТОН-3»

Одно из основных назначений космических станций серии «Протон» — исследование частиц высоких и сверхвысоких энергий в космических лучах. Представление о порядке величин этих энергий легко получить, если вспомнить, что на «Протоне-1» впервые непосредственным путем удалось измерить энергетический спектр первичных частиц космических лучей до энергий в 100 000 миллиардов электрон-вольт! Разу-

меется, исследования в области подобных энергий пока совершенно недоступны крупнейшим современным действующим и проектируемым ускорителям. Между тем, многие фундаментальные вопросы физики элементарных частиц и, в частности, вопрос о возможности существования гипотетических частиц с дробным электрическим зарядом («кварков») экспериментально можно разрешить, лишь исследуя

процессы столкновения частиц сверхвысоких энергий.

Новая советская космическая станция «Протон-3», успешный запуск которой был осуществлен 6 июля 1966 г., призвана продолжить исследования, начатые на «Протоне-1» и «Протоне-2». Кроме того, «Протон-3» снабжен сложной аппаратурой для изучения сверхтяжелых ядер и поисков «кварков» в первичных космических лучах.

«Протон-3», имеющий вес свыше 12 тонн, выведен на орбиту с апогеем 630 км и перигеем 190 км. Наклонение орбиты $63^\circ 5'$. Период обращения 92,5 минуты.

ЗЕМНЫЕ ПРИЛИВЫ И ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ

Н. Н. ПАРИЙСКИЙ,
доктор физико-математических наук

Астрономам сейчас довольно точно известно внутреннее строение Солнца и очень далеких звезд. Плотности, давления, температуры и даже химический состав определяются для звезд разных типов. На электронно-вычислительных машинах делаются расчеты изменения внутреннего строения звезд в процессе их эволюции. Казалось бы, что строение Земли тем более должно быть еще лучше известно. Однако это не так. Ведь Солнце и большинство звезд состоят из материи, находящейся в газообразном состоянии. Вещество же внутри Земли по своему строению и составу значительно сложнее, и многие его свойства пока не изучены.

Бурение позволяет проникать в тело Земли лишь на 6—7 км, т. е. всего на одну тысячную долю земного радиуса. О более глубоких слоях нашей планеты судят только по косвенным наблюдениям.

Между тем для понимания многих процессов, происходящих в земной коре и верхней мантии, — горообразование, генезис некоторых руд, причин и локализации землетрясений, а также для использования огромных тепловых запасов внутренних областей нашей планеты, необходимо знание глубинного строения Земли.

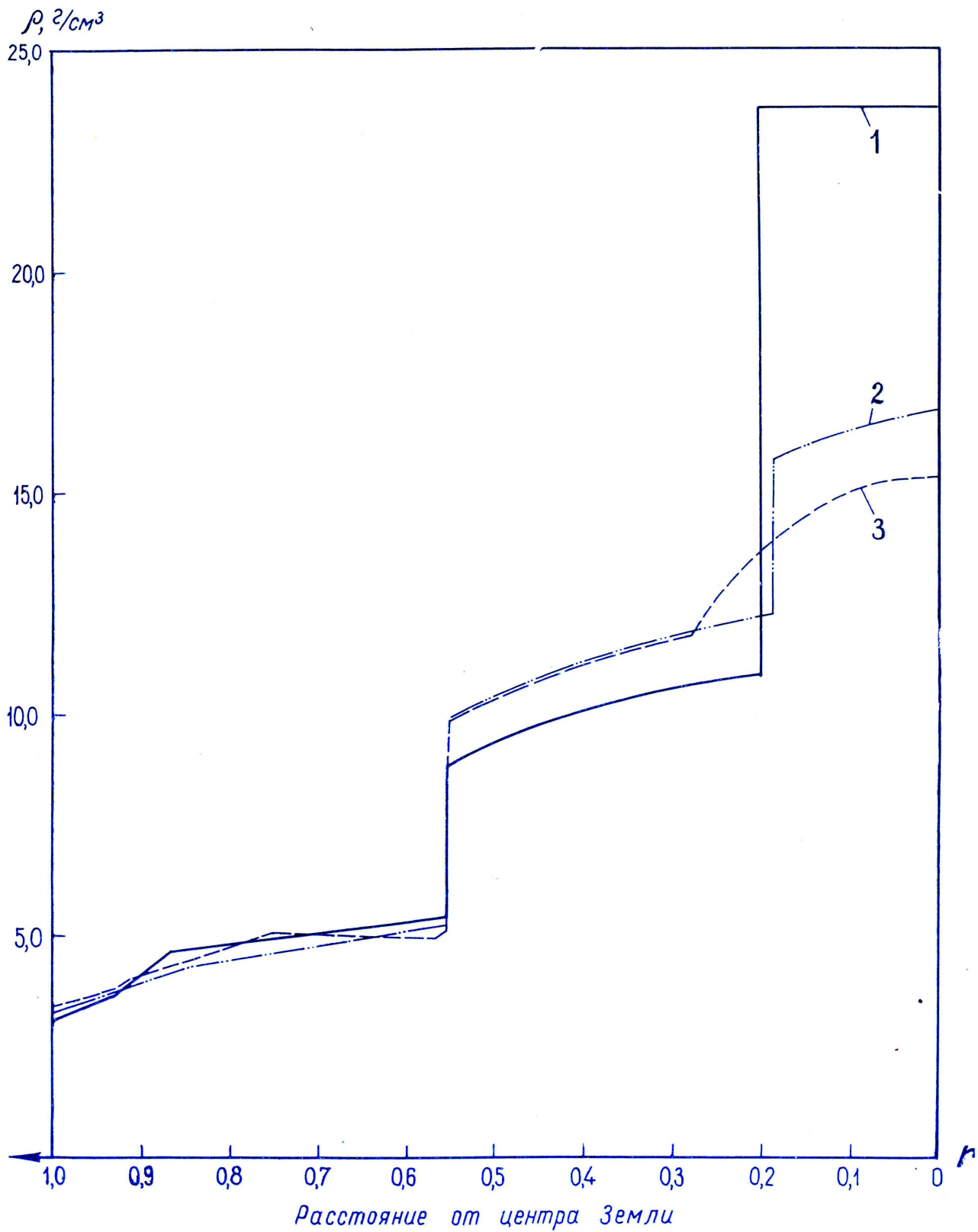
Основную информацию о состоянии материи внутри Земли дает сейсмология: мощные землетрясения — источник продольных и поперечных упругих волн, которые, по выражению известного русского сейсмолога Б. Б. Голицына, как бы просвечивают Землю.

Эти волны, преломляясь в неоднородной

толще Земли, распространяются по криволинейным путям с изломами на границах разрывного изменения упругих свойств или плотности среды. Время распространения сейсмических волн от очага землетрясения до выхода на поверхность зависит от типа упругой волны (продольной или поперечной), глубины ее проникновения в толщу Земли и тех преломлений, отражений и превращений (из продольной волны в поперечную и обратно), которые происходят на разных границах. Зная это время, ученые довольно уверенно определяют скорости распространения продольных и поперечных волн на различных расстояниях от центра Земли по всей толще планеты. А по скоростям продольных и поперечных волн можно судить об отношении плотности к упругим параметрам вещества Земли.

Расчеты показали, что скорости продольных волн увеличиваются приблизительно от 8,0 км/сек под корой до 13,6 км/сек на нижней границе оболочки или мантии Земли,

Рис. 1. Некоторые из гипотетических распределений плотностей внутри Земли: 1 — модель М. С. Молоденского (МИ, 1961 г.), одна из моделей с наибольшей плотностью внутреннего ядра Земли; 2 — модель Н. Н. Парийского и М. В. Крамер (ШКИ, 1965 г.), основана на законе распределения скоростей Б. Гутенберга и К. Буллена с учетом дифференциации элементов во внешней мантии; 3 — модель М. Ландисмана и Ю. Сато (1964 г.), полученная с использованием данных о собственных колебаниях Земли. Небольшое падение плотности к центру во внутренней мантии является сомнительным



находящейся на расстоянии 0,55 радиуса Земли от центра планеты. Затем эти скорости скачком убывают до 8 км/сек и возрастают в земном ядре, около его центра, до 11,2 км/сек. Скорости поперечных волн, наблюдающихся только в мантии, изменяются от 4,5 км/сек под корою до 7,0—7,2 км/сек у ее нижней границы. Поперечные волны так же, как и продольные, имеют небольшой минимум скорости на глубине около 150 км под поверхностью Земли.

Поперечные волны не проходят через земное ядро, очевидно, потому, что оно ведет себя или как жидкое, или как настолько вязкое тело, что поперечные волны в нем сильно затухают. Сравнительно быстрый дрейф крупных аномалий магнитного поля Земли, связанный, вероятно, с конвективными движениями в ядре, подтверждает скорее первое предположение. Согласно последним данным, внутри основного жидкого ядра Земли с радиусом 3500 км находится небольшое твердое ядро, возможно двухслойное, с радиусом от 1200 до 1660 км. Интересно знать плотность и упругие свойства Земли на всех глубинах. Отметим, что плотность Земли в оболочке и в ядре зависит не только от давления. Это связано с тем, что минералогический состав оболочки неодинаков, наблюдается дифференциация минералов с глубиной, а фазовые переходы обуславливают скачки плотности.

Основные величины, с которыми согласуется действительный закон распределения плотностей внутри нашей планеты, — общая масса Земли, равная $5,977 \cdot 10^{27}$ г, и ее момент инерции относительно оси вращения, составляющий $8,11 \cdot 10^{44}$ г·см². Эти величины, определяемые из астрономических и гравиметрических наблюдений с точностью выше 1%, могут соответствовать разным законам распределения плотностей внутри Земли (рис. 1). Подобных распределений плотности может быть выбрано очень много. Однако для того чтобы они давали правильное значение массы и момента инерции Земли, на них накладывается ряд ограничений.

Каждому из возможных законов плотности соответствует определенное распределение упругих свойств. Чтобы решить вопрос о том, какая из возможностей реализуется, необходимо кроме данных сейсмологии привлечь новые сведения о собственных колебаниях Земли, вызываемых сильными землетрясениями, о периоде свободной и вынуж-

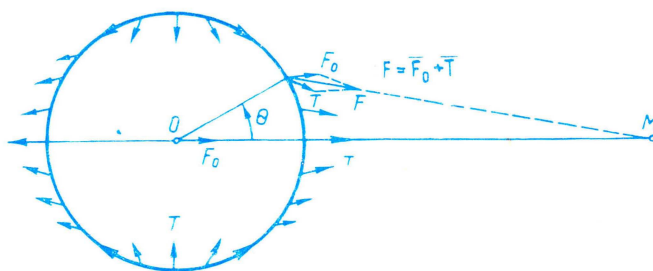


Рис. 2. Схема действия приливных сил от светила М (величина приливных сил T по сравнению с силой F_0 для наглядности увеличена приблизительно в 100 раз)

денной нутации земной оси* и, наконец, о приливных деформациях Земли. Именно о последнем методе мы и собираемся рассказать здесь подробнее.

* * *

Силы тяготения Луны и Солнца действуют на различные части Земли по-разному. Так, силу тяготения Луны в каждый момент можно разложить на две — силу тяготения F_0 , действующую на элемент объема в центре Земли, и приливную силу T (рис. 2). Приливные силы деформируют Землю, растягивая ее по линии, направленной к Луне, и сжимая в поясе, перпендикулярном этой линии. Земля деформируется, конечно, под действием притяжения не только Луны, но и Солнца. Приливное действие Солнца примерно в два раза меньше, чем Луны.

Величина деформации зависит от упругих свойств Земли (модуля сдвига, модуля объ-

* Вынужденной нутацией называются колебания оси вращения Земли, происходящие вместе с колебаниями ее оси симметрии под действием сил тяготения Луны и Солнца, действующих на сплюснутое тело Земли. Свободной нутацией или движением полюсов называются примерно в 40 раз меньшие «болтания» тела Земли относительно ее оси вращения, происходящие по инерции, при отсутствии всяких внешних сил вследствие несовпадения оси вращения и оси симметрии Земли. Ось вращения при свободной нутации почти не меняет своего положения в пространстве. Периоды обеих нутаций зависят от внутреннего строения Земли.

емной несжимаемости, а также от распределения плотностей внутри Земли). Поэтому, измеряя приливные деформации, можно получить дополнительные сведения о внутреннем строении нашей планеты. Практически к известным из сейсмологии характеристикам упругих свойств подбираются такие законы распределения плотностей, которые соответствуют не только массе и моменту инерции Земли, но и наблюдаемым значениям приливных деформаций. Работа в этом направлении только начинается.

Приливные силы, рассчитанные на единицу массы, пропорциональны расстоянию от центра Земли, массе возмущающего светила и обратно пропорциональны кубу расстояния до него. Под действием этих сил каждый мысленно выделенный кубик земного вещества почти периодически меняет свою форму и размеры. Внутри Земли образуются области различного сжатия и растяжения, поверхность планеты деформируется, внутри и на поверхности Земли возникает приливная волна. Можно считать, что в каждый момент устанавливается равновесие между приливными и теми упругими силами, которые возникают из-за приливной деформации в каждом элементарном объеме земного шара.

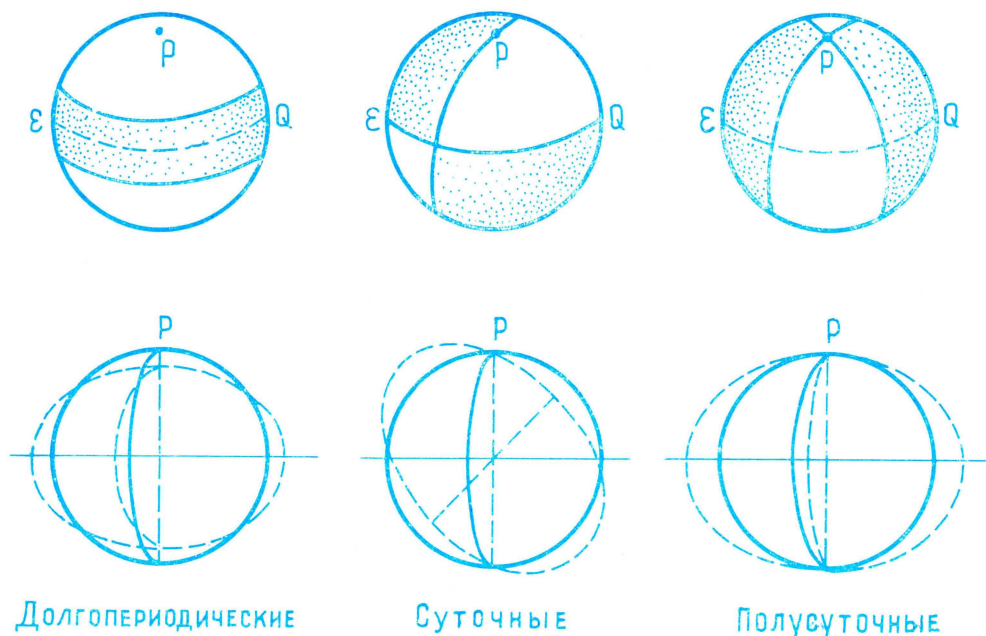
Ось симметрии приливной волны направ-

лена почти точно на приливообразующее светило. Картина приливов все время меняется и точно не повторяется, поскольку не постоянны скорости движения Луны и Солнца на небесной сфере, их расстояния до центра Земли и т. д. Сложное явление приливов приходится разлагать на ряд отдельных приливных волн, имеющих постоянные амплитуды, которые зависят только от широты места, и постоянную для каждой волны скорость распространения. Таких волн несколько сот, и около сотни из них приходится учитывать в современной теории приливов.

Эти волны разбиваются на три группы (рис. 3). Первая группа — долгопериодические приливы с периодами от недели до 18,6 лет, которые проявляются, в частности, в виде периодического уменьшения и увеличения сплюснутости Земли. Главные из них — двухнедельный и месячный приливы, периодически изменяющие угловую скорость вращения нашей планеты.

Вторая группа — суточные приливы. Это упругие деформации с периодами от 21,6 до 29,3 часа, обтекающие Землю с востока на за-

Рис. 3. Разные типы земных приливов (деформации сильно преувеличены)



пад. Максимальные амплитуды суточных приливов наблюдаются на широте 45° , нулевые — на полюсах и на экваторе. Фазы их противоположны на одной долготе в северном и южном полушариях. Суточные приливы вызывают небольшие периодические колебания полярной оси и перемещение полюсов. Как известно, ось вращения Земли испытывает вынужденные нутационные и прецессионные движения под влиянием Луны и Солнца. Это заставляет совместно изучать суточные приливы и нутации земной оси.

Наконец, третья группа — полусуточные приливы с периодами от 11,5 до 13,2 часа, главными из которых являются лунная волна с периодом 12,4 часа и солнечная волна с периодом 12 часов. Полусуточные приливы максимальны на экваторе и равны нулю на полюсах. По сравнению с долгопериодическими приливами они практически не изменяют момента инерции Земли и ее скорости вращения, а в отличие от суточных приливов — не смещают направления оси симметрии или главной оси инерции Земли.

Приливные волны всех типов вызывают периодические поднятия и опускания каждой точки земной поверхности, изменения величины силы тяжести, направления отвеса, наклона поверхности к линии отвеса и очень небольшие периодические горизонтальные смещения. Суммарное действие всех приливных волн приводит к тому, что, например, на экваторе поверхность Земли колеблется в пределах 50 см, а в Москве — 40 см. Мы не замечаем этих поднятий и опусканий, происходящих дважды в сутки, так как, во-первых, они происходят очень медленно, а во-вторых, сопутствующие им наклоны очень малы ($0'',02$). Поэтому, например, разность поднятий двух окраин Москвы, удаленных друг от друга на 30 км, всего лишь 3 мм.

Современная научная аппаратура позволяет измерить почти все эффекты, связанные с земными приливами. Первые данные о средних упругих свойствах Земли по приливным поднятиям коры получил еще в 1883 г. Дж. Дарвин, а в 1908 г. их уточнил В. Швейдар. Уже тогда выяснилось, что средняя жесткость Земли сравнима с жесткостью стали. Позднее с помощью чувствительных наклономеров начали изучать приливные изменения наклонов почвы относительно вертикали.

Приливные изменения объемных деформаций изучались по периодическому измене-

нию уровня воды в шахтах, колодцах или лавы в жерлах вулканов. Но эти измерения давали только относительные деформации для различных волн. К изучению абсолютных объемных деформаций еще только приступают.

Линейные приливные деформации изучаются с помощью специальных приборов, устанавливаемых в шахтах или глубоких подвалах. Эти измерения начаты в Японии и сейчас проводятся во многих странах. В СССР они ведутся в Институте физики Земли АН СССР и в ряде научно-исследовательских институтов союзных республик.

Определить приливные изменения отвеса пытался еще М. В. Ломоносов. После 1900 г. многие астрономы выполняли эти измерения, используя астрономические определения широты. Но только в 1951 г. И. Сугава удалось в результате многолетних наблюдений выделить более уверенно периодические полусуточные приливные колебания широты в Мицузаве, соответствующие волне с амплитудой около $0'',01$. Точность этого определения составляет примерно 30%. Эффект изменения скорости вращения Земли из-за долгопериодических приливных изменений ее сжатия выявил и измерил в 1960 г. американский астрометрист В. Марковиц. Этот эффект был определен с точностью около 15%.

В 1914 г. В. Швейдаром в Потсдаме впервые были определены приливные изменения силы тяжести. В 30-е годы эту работу продолжил Р. Томашек. Однако только в конце 40-х годов после изобретения более точных гравиметров это направление стало широко развиваться.

В настоящее время с помощью гравиметров на одном пункте в течение только года наблюдений можно определить амплитуды основных волн с точностью до 0,1—0,2 микрогала, т. е. около $2 \cdot 10^{-10}$ ускорения силы тяжести. Это равносильно взвешиванию 1 кг с точностью до 0,0002 мг. С начала МГГ активнейшее участие в работах по измерению приливных изменений силы тяжести стали принимать советские ученые. Данные, относящиеся к измерениям, выполненным в январе 1964 г., приведены на рис. 4. Приливные изменения силы тяжести влияют также и на ход точных маятниковых часов, издавна применявшихся в астрономии. В 1949 г. директор Международной службы времени в Париже Н. Стойко сравнил четырехлетний ряд наблюдений хода маятниковых часов с ходом

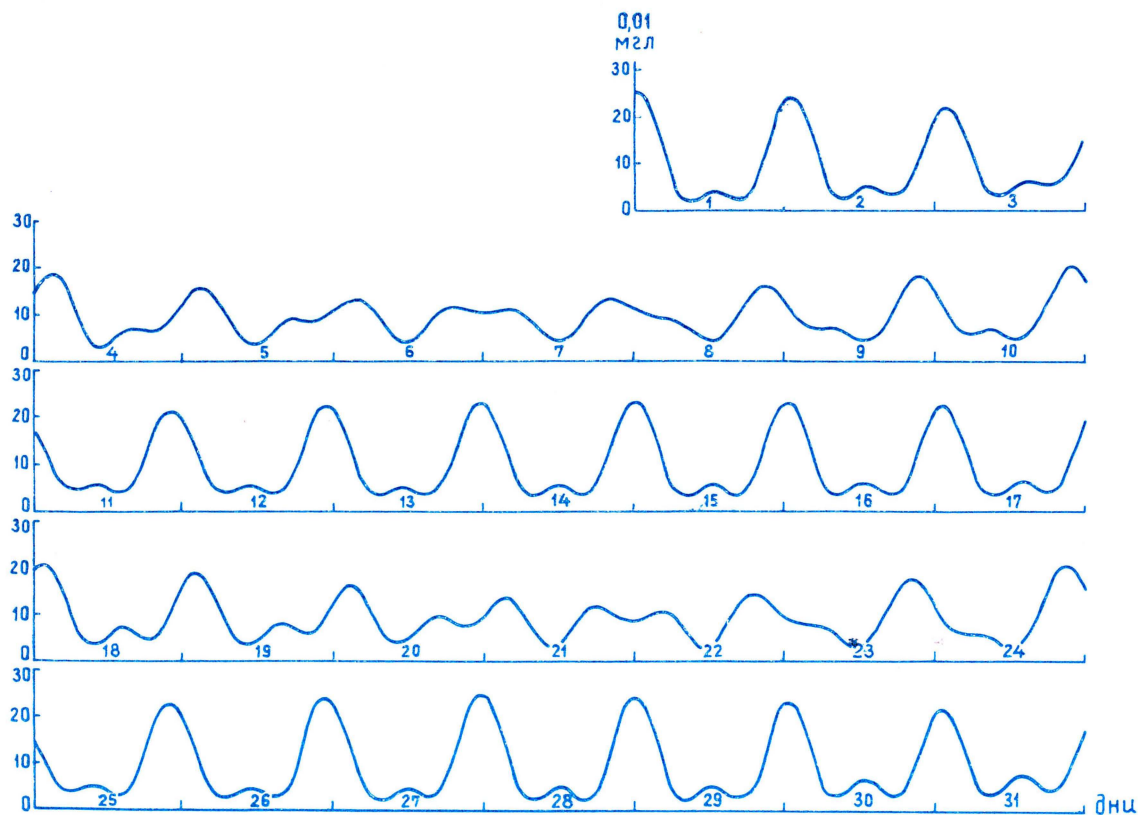
кварцевых, на которые изменения силы тяжести практически не действуют, и обнаружил также влияние приливных изменений силы тяжести. Но точность этих определений была ниже, чем с помощью гравиметров.

С наибольшей точностью измерить приливные эффекты можно, исследуя приливные изменения силы тяжести и приливные изменения наклонов. Наклономерные наблюдения приливов проводятся в СССР в основном с помощью наклономеров — горизонтальных маятников с дистанционной фотоэлектрической регистрацией системы сотрудника Института физики Земли АН СССР А. Е. Островского. Эти приборы позволяют измерять амплитуды наклонов с точностью до $0'',00004$, превышающей в несколько раз точность

определения тригонометрических параллаксов звезд.

Наблюдение приливных деформаций Земли для изучения ее внутреннего строения начал еще сто лет назад В. Томсон (Кельвин). Теория приливных деформаций Земли и методы сравнения их с наблюдениями развивались трудами многих ученых, от Дж. Дарвина (1879 г.) до М. С. Молоденского, начавшего цикл исследований в 50-е годы. От случая однородной несжимаемой (но деформируемой Земли) исследователи переходили к более сложным моделям. Х. Такеучи и М. С. Молоденский в соответствии с современными данными сейсмологии выполнили расчеты приливов в Земле для случая неоднородных по плотности и упругим свойствам деформируемых и сжимаемых оболочки и ядра. М. С. Молоденский рассчитал 18 различных моделей внутреннего строения Земли. Среди них модели с неоднородной сжимаемой оболочкой и неоднородным жидким

Рис. 4. Приливные изменения силы тяжести на широте 50° в течение января 1964 г. Измеряя отношение наблюдаемых изменений силы тяжести к теоретическим, для абсолютно твердой Земли определяют приливные деформации Земли, зависящие от ее внутреннего строения



ядром, внутри которого — твердое ядро. В случае жидкого ядра, будет происходить смещение оболочки относительно ядра и необходимо учитывать динамическое действие ядра на оболочку, зависящее от сжатия ядра. Еще в 1895 г. Ф. А. Слудский и англичанин С. Хаф исследовали простейшие модели Земли с жидким ядром. Они обнаружили, что Земля с жидким ядром кроме нутации (движения полюсов) с периодом в 14 месяцев может иметь еще одно свободное движение своей оси симметрии с периодом около суток. В 1910 г. эти исследования более подробно развил А. Пуанкаре.

Теперь, когда сейсмология накопила большую информацию о скоростях сейсмических волн внутри Земли, ученые получили возможность точнее изучать это явление. Так, в 1957 г. Г. Джеффрис и Р. Виценте рассчитали периоды этой суточной нутации для двух моделей Земли с упрощенным строением жидкого ядра, а в 1961 г. М. С. Молоденский на основании своей новой общей теории нутации и земных приливов рассчитал период суточной нутации для Земли с жидким основным и твердым внутренним ядром. Период нутации оказался на 7 минут 2 секунды короче средних суток.

В 1963 г. полтавский астроном Н. А. Попов, анализируя 23-летний ряд наблюдений широты по двум ярким зенитным звездам, впервые обнаружил эту суточную нутацию с периодом, совпадающим с точностью до нескольких десятых секунд с расчетами М. С. Молоденского. Таким образом получено еще одно доказательство жидкого состояния основного ядра (суточная нутация отсутствовала бы в случае твердого ядра, связанного в своих нутационных движениях с оболочкой).

В теории М. С. Молоденского рассчитан также эффект резонанса между суточной свободной нутацией и суточными земными приливами. Расчеты подтвердились рядом длительных наблюдений, проведенных Институтом физики Земли АН СССР в Ташкенте, Фрунзе и Талгаре (около Алма-Аты).

* *

*

В последние годы все большее развитие получают измерения приливных изменений силы тяжести и наклонов в различных точ-

ках земного шара. Оказалось, что приливные изменения наклонов очень сильно зависят от локальных особенностей строения земной коры. Они используются сейчас для изучения особенностей коры — глубинных разломов, блокового строения и т. п. Изменения силы тяжести также оказались не одинаковыми в разных регионах, хотя их вариации и значительно меньше, чем для наклонов. Поскольку наблюдаемые различия в изменении силы тяжести не коррелируются с особенностями строения коры и ее толщиной, можно предполагать, что они связаны с глубинными горизонтальными неоднородностями упругих свойств мантии Земли. Однако количественно различие может быть получено только после учета влияния океанических приливов на земные. Дело в том, что океанические приливы влияют на силу тяжести даже в пунктах, расположенных в глубине материков. Действие океанических приливов проявляется, во-первых, в прямом тяготении, во-вторых, в прогибе упругой Земли и изменении высоты пункта наблюдения, расположенного вдали от берегов океанов и, наконец, в изменении тяготения Земли вследствие образования прогиба. Наблюдаемые вдали от берегов эффекты очень малы, что, естественно, весьма затрудняет их учет. Однако совсем недавно Б. П. Перцеву в Институте физики Земли АН СССР удалось все-таки получить первое приближение в решении этой трудной задачи. Им были использованы недавно рассчитанные карты океанических приливов для Тихого, Атлантического и Индийского океанов. Даже в Центральной Азии поправки, обусловленные океаническими приливами еще ощутимы: они достигают 1—2%.

* *

*

В этой статье приведено лишь несколько примеров изучения и использования земных приливов. Но и они показывают, что изучение земных приливов постепенно становится новым перспективным методом исследования нашей планеты.



В советской и зарубежной печати в последнее время появились сообщения о предстоящем в 1968 г. сближении Земли с малой планетой Икар. Они вызвали большой интерес у читателей, но вместе с тем породили необоснованные слухи о возможности столкновения Земли с Икаром.

Произойдет ли столкновение в действительности? Об этом мы и хотим рассказать нашим читателям

СВИДАНИЕ С ИКАРОМ

В. А. БРОНШТЭН,

кандидат физико-математических наук

26 июня 1949 г. американский астроном Вальтер Бааде, фотографировавший звездное небо с помощью 48-дюймового телескопа Шмидта на обсерватории Маунт Паломар, обнаружил на пластинке необычный след малой планеты — астероида (см. рис. 1 на вклейке к стр. 17). За 60 минут экспозиции астероид прочертил на небе дугу в $2',7$ (почти одну десятую лунного поперечника). Между тем обычные астероиды, наблюдающиеся около эпохи противостояния, имеют значительно меньшее видимое собственное движение.

К тому времени было известно 1565 малых планет, обращавшихся вокруг Солнца в большинстве своем между орбитами Марса и Юпитера на среднем расстоянии 2,8 а. е. (420 млн. км) от Солнца. Лишь четыре из них (Церера, Паллада, Веста и Юнона) имеют поперечники от 190 до 780 км, размеры остальных — десятки километров и километры.

Среди полутора тысяч малых планет уже тогда было известно несколько, отличающихся своими орбитами. Так, еще в 1898 г. немецкий астроном Витт открыл знаменитый астероид (433) Эрот*, который может заходить внутрь орбиты Марса и иногда приближаться к Земле на 23 млн. км (в 2,5 раза ближе, чем Марс в период великого противостояния). Сходные орбиты имеют астероиды (719) Альберт, (887) Алинда и (1036) Гани-

мед, приближающиеся к Земле соответственно на 30, 24 и 34 млн. км. У открытого в 1932 г. астероида (1221) Амур перигелий орбиты расположен всего в 15 млн. км от земной орбиты.

Еще интереснее группа малых планет, заходящих не только внутрь орбиты Марса, но и внутрь орбит Земли и Венеры (рис. 2). Это — астероиды (1932 HA) Аполлон, (1936 SA) Адонис и (1937 UB) Гермес. Поскольку орбита каждого из них скрещивается с орбитой Земли, они могли наблюдаться на еще более близких расстояниях. Так, Аполлон 24 апреля 1932 г. прошел от Земли на расстоянии около 10 млн. км. Адонис, орбита которого лежит почти в плоскости эклиптики, 7 февраля 1936 г. приблизился к нашей планете на 2 млн. км. Наконец, Гермес 30 октября 1937 г. прошел от Земли всего в 580 000 км, оказавшись лишь в полтора раза дальше Луны.

Однако в дальнейшем Аполлон, Адонис и Гермес оказались утерянными и больше никогда не наблюдались. Дело в том, что это — планеты-крошки, размерами от 1,5 до 0,5 км. Поэтому с удалением от Земли они быстро слабеют в блеске. Если Гермес в момент наибольшего сближения с Землей достигал 9-й звездной величины, то средний блеск его в противостоянии — 18-я звездная величина. Еще слабее Адонис, который, несмотря на тщательные поиски его в июне 1943 г. американским астрономом Робертом Ричардсоном в 100-дюймовый рефлектор обсерватории Маунт Вилсон, так и не был обнаружен. Утерян и астероид Альберт.

* Астероиды принято обозначать порядковым номером, в скобках, и именем, а в случае, если орбита вычислена ненадежно, — номером года открытия и буквами.

СЛУЖБА МАЛЫХ ПЛАНЕТ

В настоящее время зарегистрировано 1685 малых планет. Некоторые малые планеты (среди них и Икар) имеют необычные орбиты и могут сближаться с большими планетами: Меркурием, Венерой, Землей и Марсом. Уже в XIX столетии организовано международное сотрудничество в области изучения орбит малых планет. Например, Икар относится к группе малых планет, движение которых исследуется в Калифорнийском университете (США) под руководством доктора С. Херрика. Более чем для 1000 малых планет вычисления возмущений проводятся в Советском Союзе. Координацию теоретических работ и публикации эфе-

риды — таблиц, содержащих сведения о положении светил, — осуществляет Институт теоретической астрономии АН СССР в Ленинграде. Выпускаемые им ежегодные сборники эфемерид малых планет являются международным изданием. Они используются на обсерваториях разных стран для открытия и наблюдений малых планет. Руководство наблюдательными работами и публикацию наблюдений в специальных циркулярах осуществляет Планетный центр в Цинциннати (США).

По имеющимся в Институте теоретической астрономии АН СССР сведениям, С. Херрик недавно получил точные элементы

орбиты Икара, основанные на наблюдениях 1949—1958 гг., и вычислил надежные оценки наименьшего расстояния Икара от Земли в 1968 г.: 4,4—4,7 млн. миль 7,—7,6 млн. км). Для дальнейшего уточнения орбиты нужны наблюдения Икара в 1966 и 1967 гг. Однако уже и сейчас орбита Икара известна довольно хорошо.

Маловероятно, чтобы дальнейшие исследования изменили более чем на 1 млн. км, приведенные выше оценки наименьшего расстояния Икара от Земли.

Г. А. ЧЕБОТАРЕВ,
профессор

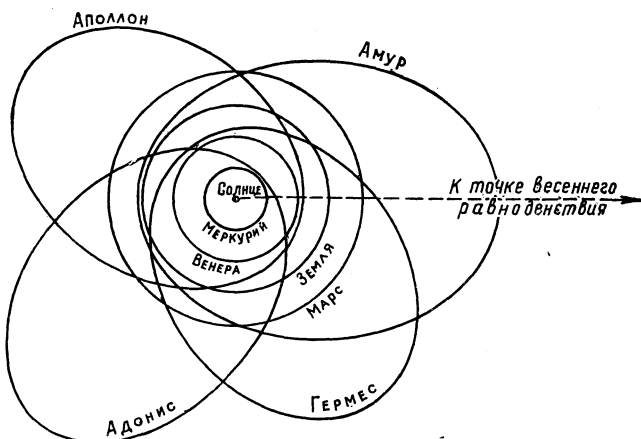
Тем больший интерес представило открытие в 1949 г. астероида Икар, получившего порядковый номер (1566). Его орбита, вычисленная Г. Дрепером, оказалась совершенно необыкновенной (рис. 3). В перигелии эта планета заходит далеко внутрь орбиты Меркурия, подходя к Солнцу на расстояние 28 млн. км, т. е. почти вдвое ближе самого Меркурия. В афелии же Икар выходит за пределы орбиты Марса, удаляясь от Солнца на 1,97 а. е. Эксцентриситет орбиты у Икара наибольший из всех малых планет и равен 0,83.

Мы увидим ниже, какие неожиданные возможности таит орбита Икара для решения некоторых проблем небесной механики, астрофизики и даже теоретической физики.

А пока вернемся к истории открытия и дальнейших наблюдений Икара. В момент открытия он был 16-й звездной величины, а затем стал еще слабее, так как удалялся от Земли. Но 1 июня 1949 г. астероид значительно приблизился к нашей планете и достиг в блеске 12,5 звездной величины.

Почему же его не обнаружили раньше? По-видимому, дело в том, что при максимальном сближении Икара с Землей собственное движение этого астероида превышает 1° в час. При таком быстром движении длина чер-

Рис. 2. Орбиты астероидов Амура, Аполлона, Адониса и Гермеса. Стрелка указывает направление на точку весеннего равноденствия



ты, оставляемой астероидом на фотопластинке, резко возрастает, а ее интенсивность существенно уменьшается, несмотря на увеличение общей яркости астероида.

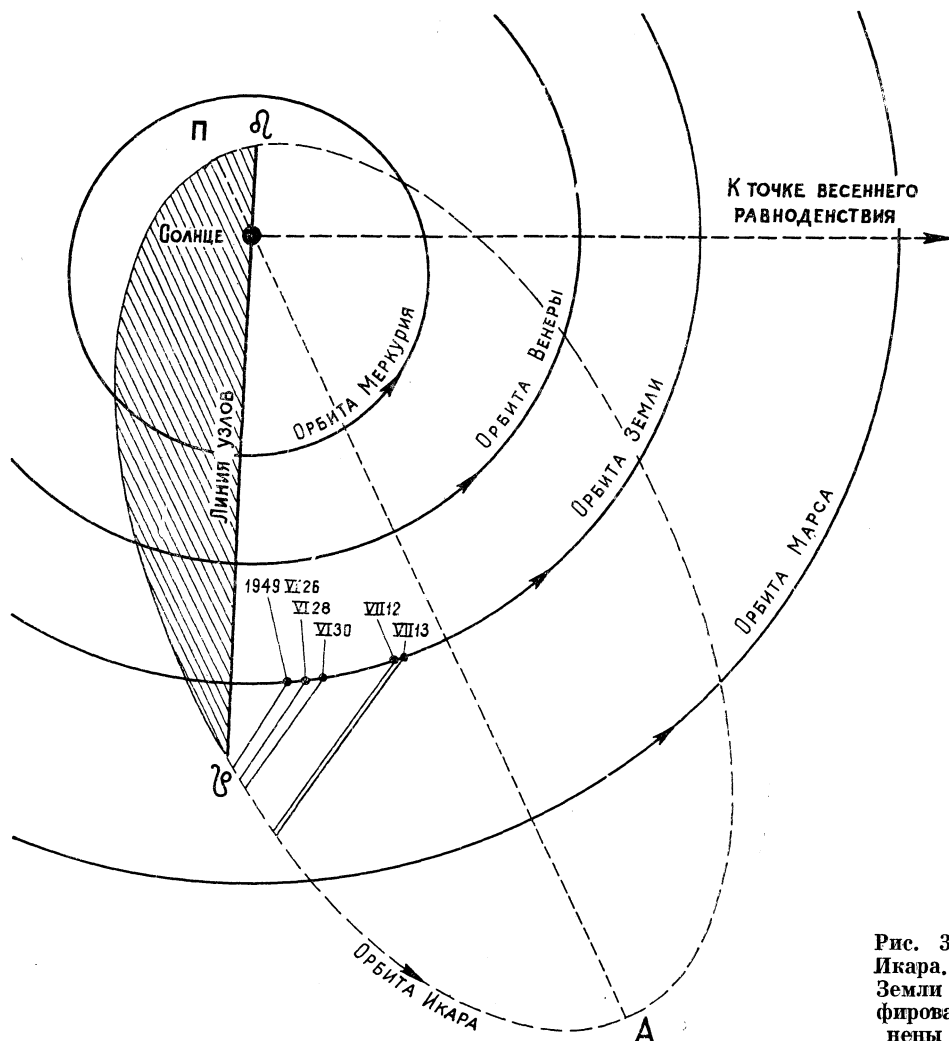


Рис. 3. Орбита астероида Икара. Положения Икара и Земли в даты его фотографирования в 1949 г. соединены прямыми линиями

Но обнаружив след Икара на пластинке на следующее утро, Бааде сразу понял, что имеет дело с быстро движущимся астероидом. Нужно было прежде всего выяснить, в какую сторону он перемещался — прямым или попятным движением. Это удалось сделать, рассмотрев след малой планеты. След ослабевает в направлении движения. Происходит это потому, что светочувствительный слой пластинки более восприимчив к свету ночного неба в тех местах, куда уже попали лучи астероида. В начале следа (слева на рис. 1) пластинка засвечивалась после прохождения астероида почти целый час, в середине — около 30 минут, а в конце — лишь несколько минут.

Убедившись, что след астероида слабеет вправо, Бааде понял, что малая планета совершает попятное движение. Созвездие Скор-

пиона, в котором находился астероид, было в то время почти напротив Солнца. Отсюда следовало, что астероид находится вблизи противостояния и описывает «петлю».

Чтобы вычислить орбиту Икара по трем положениям, необходимо было получить еще хотя бы две его фотографии. Спустя две ночи, 28 июня, Бааде, взяв на прицел область к юго-западу от места открытия Икара (тогда еще безымянного, предварительно обозначенного 1949 MA), вновь получил его след на снимке, недалеко от звезды τ Скорпиона. Третий снимок был получен 30 июня. Для вычисления предварительных элементов орбиты этого было достаточно.

Но Бааде не был вычислителем. Вернувшись в Пасадену, где помещались дирекция и основной штат сотрудников обсерваторий Маунт Вилсон и Маунт Паломар, Бааде об-

ратился к Сету Никольсону (известному своими открытиями четырех внешних спутников Юпитера) и Ричардсону с просьбой вычислить орбиту нового тела. Заинтересовавшись этой задачей, они начали с измерений положения объекта по отношению к окружающим звездам. Их координаты астрономы рассчитывали взять из очень подробного каталога международной «Карты неба» (Carte du Ciel). Но, к сожалению, именно этот участок неба тогда еще не был закаталогизирован. Пришлось «привязывать» измерения к звездам соседних участков (охваченных каталогом), что, конечно, снизило точность полученных элементов орбиты. Но уже 5 июля три основных положения были найдены и отосланы в мировой центр астрономических извещений — для информирования других обсерваторий. Еще через три дня была вычислена и орбита.

Необычная форма орбиты еще более усилила интерес к «объекту Бааде». Вместе с тем опасались, что новый астероид будет потерян, подобно Аполлону, Адонису и Гермесу. А Луна, как назло, пришла в созвездие Скорпиона, и 10 июля наступило полнолуние.

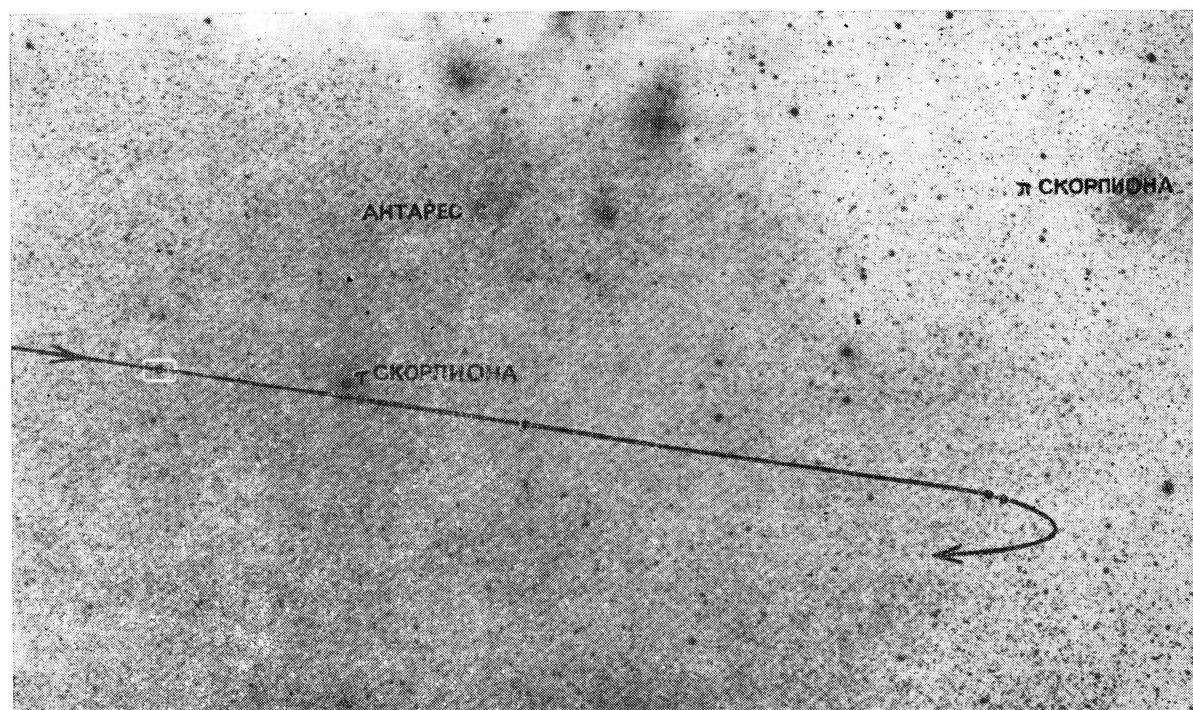
Только 12 июля обстоятельства позволили

астроному Рюлу, работавшему в это время на 48-дюймовом телескопе Шмидта, вновь заснять область неба, где, согласно расчетам, находился «убегающий» астероид. Еще один снимок был получен 13 июля.

Но теперь положение астероида существенно изменилось. Движение его замедлилось — он приближался к точке стояния (рис. 4). Отличить его от сотен тысяч звезд, покрывавших поле каждого снимка (пластинки имели формат 35×35 см), было нелегко. Рассчитав теоретические положения астероида на обоих снимках, астрономы начали поиски, но они не привели к успеху.

Тогда обе июльские пластинки были исследованы с помощью блинк-компаратора (рис. 5). В этом приборе пластинки кладутся на столик и их изображения оптической системой сводятся в один окуляр, но так, что видеть можно по желанию попеременно то одну, то другую из них. Быстро передвигая заслонку, наблюдатель имеет возможность

Рис. 4. Путь Икара среди звезд созвездия Скорпиона в июне — июле 1949 г. Точками обозначены положения астероида 26, 28, 30 июня, 12 и 13 июля. Белый прямоугольник около первой точки соответствует полю снимка, показанному на рис. 1



обнаружить любой движущийся объект, так как его изображение будет «прыгать» при передвижении заслонки. Блинк-компаратор широко используется не только для поисков астероидов, но и для открытий переменных звезд, которые при этом движении сразу выявляют себя по изменению размеров изображения на пластинке*.

С помощью блинк-компаратора Никольсону удалось найти на июльских пластинках изображение астероида. Используя два новых положения планеты, Никольсон и Ричардсон вычислили улучшенные элементы ее орбиты. Большая полуось ее оказалась равной 1,0777 а.е., эксцентриситет — 0,827, наклон к плоскости эклиптики — 23° .

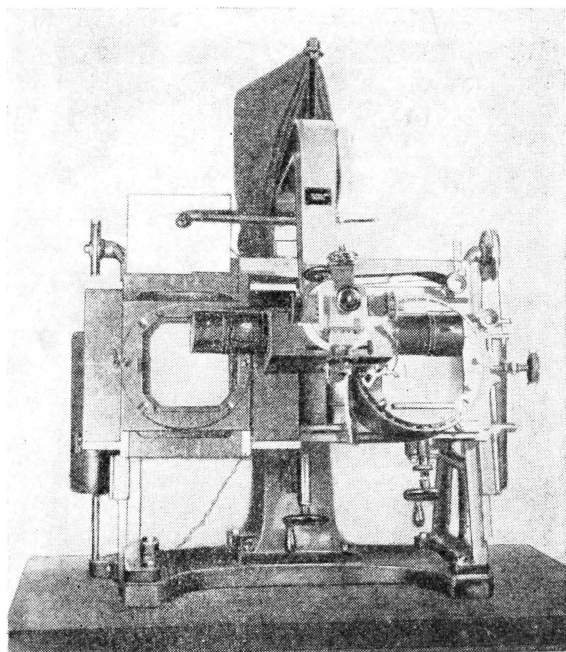


Рис. 5. Блинк-компаратор Пулковской обсерватории

Но чтобы определить положение орбиты в пространстве, названных выше элементов недостаточно. Надо еще указать направление линии узлов, т. е. той линии, по которой пересекаются плоскости орбит Икара и Земли.

* Напомним, что размер изображения звезды на негативе зависит от блеска звезды, диаметра отверстия инструмента и величины экспозиции, но ничего не говорит об истинных размерах звезды.

Для этого обычно дают долготу восходящего узла, в котором планета переходит из южного полушария в северное. Ориентировка большой оси эллипса определяется долготой перигелия, размер орбиты — длиной большой полуоси, а ее сжатие — эксцентриситетом. Вместе с углом наклона к эклиптике получаем пять элементов эллиптической орбиты. Шестой элемент — дата прохождения через перигелий — определяет положение самой планеты на ее орбите (рис. 6).

Период обращения планеты вокруг Солнца не является независимым элементом орбиты — он вычисляется по III закону Кеплера. Как мы уже знаем, период обращения Икара немного больше года — 409 суток. Следующее прохождение Икара через перигелий должно было произойти 4 июня 1950 г.

И на этот раз планете не удалось обмануть бдительных астрономов. В 1950 г. Икар вновь был найден. Наблюдался он и в 1952, 1953, 1954, 1957 и 1958 гг. После этого условия для его наблюдений стали вновь ухудшаться: разность периодов обращения Икара и Земли (44 суток), постепенно накапливаясь, привела к тому, что в момент прохождения Икара через перигелий Земля оказывалась по другую сторону от Солнца. Когда же Земля догоняла Икар и наступало противостояние, астероид был вблизи своего афелия, далеко от Земли.

Астрономы обратили внимание на некоторую соизмеримость периодов обращения Икара и Земли. Действительно:

17 периодов по 409 суток = 6953 суткам,
19 лет по 365.25 суток = 6940 суткам.

Поэтому сближения Икара с Землей должны повторяться каждые 19 лет. По расчетам астронома С. Херрика из Калифорнийского университета, сближение произойдет 15 июня 1968 г. (рис. 7, 8). В этот день расстояние от Икара до Земли составит примерно 7 млн. км. С 10 июня Икар можно будет наблюдать на вечернем небе в течение двух недель, правда, лишь в мощные телескопы астрономических обсерваторий. Наибольший блеск Икара не превзойдет 13-й звездной величины, и только в течение 12 дней он будет ярче 15-й звездной величины.

Какой же научный интерес представляют наблюдения Икара?

Благодаря тому, что астероид пройдет не только вблизи Земли, но и Меркурия, появится хорошая возможность для уточнения массы

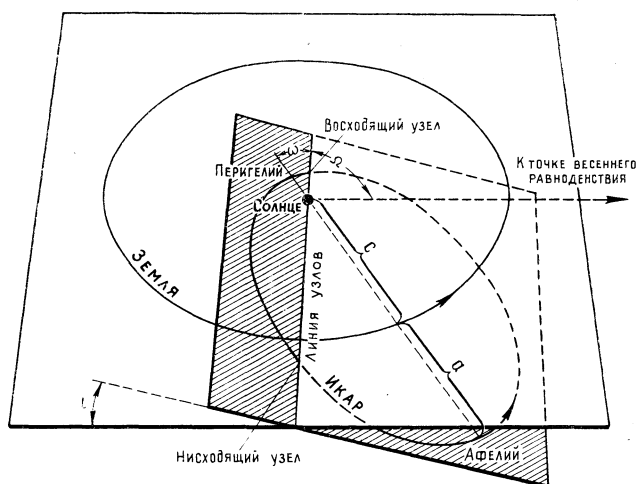


Рис. 6. Элементы орбиты астероида. Ω — долгота восходящего узла, ω — угловое расстояние перигелия от узла, i — наклон орбиты к плоскости эклиптики, a — большая полуось, c — расстояние фокуса от центра эллипса ($c = ae$, где e — эксцентриситет)

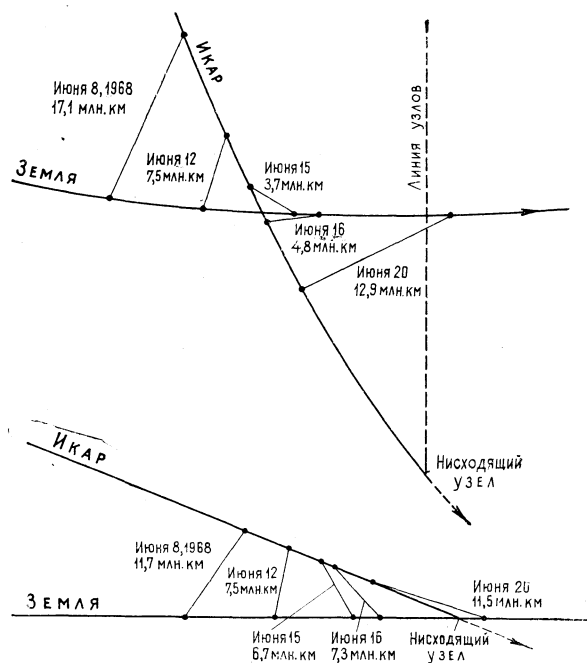
Меркурия. Обычно масса Меркурия определялась по возмущениям в движении кометы Энке. Но Икар может приближаться к Меркурию почти так же, как и комета (на 12 млн. км), зато период его обращения вдвое короче и, следовательно, возмущающее действие Меркурия должно проявляться сильнее. Тесное сближение Икара с Меркурием произошло в 1968 г., незадолго до его встречи с Землей. Вообще же тесные сближения с Меркурием происходят через каждые 14 или 17 оборотов Икара, менее тесные — через 3 оборота.

Икар может служить также удобным объектом для проверки одного из эффектов общей теории относительности — смещения долготы перигелия, наблюдаемого пока только у Меркурия. Расчеты, выполненные Дж. Гилварри, показывают, что смещение долготы Икара должно составлять $10''$ в столетие, т. е. в четыре раза меньше, чем у Меркурия. Но благодаря большому эксцентриситету орбиты Икара фактически наблюдаемая невязка будет, наоборот, примерно в четыре раза больше, чем у Меркурия, т. е. настолько значительна, что сможет быть легко определена из наблюдений при наличии точной абсолютной теории возмущений Икара. Впервые на такую возможность указал еще в 1949 г. советский астроном И. И. Путилин.

Другой релятивистский эффект, связанный с движением Икара, предсказала Мэри Фрэнсис (США). Эффект состоит в том, что расстояние планеты от Солнца в течение одного обращения должно изменяться иначе, чем по законам ньютоновой механики. В частности, в 1968 г. Икар должен подойти к Солнцу на 49,8 км ближе, чем следует из классических уравнений. Это соответствует видимому угловому смещению в $1'',4$, что вполне доступно измерению современными методами.

Для астрофизиков Икар интересен с точки зрения его температурных условий. Вблизи перигелия, находясь под действием сильного нагрева солнечными лучами, этот астероид диаметром 1,5 км может нагреться с поверхности в подсолнечной точке до температуры 900°K . Правда, это возможно лишь при условии, что Икар имеет абсолютно черную поверхность и обращен к Солнцу одной стороной. При температуре 900°K обращенная к Солнцу сторона астероида должна начать светиться слабым красным светом. Но

Рис. 7. Обстоятельства прохождения Икара вблизи Земли в июне 1968 г. (по С. Херрику). Вверху — пути Икара и Земли в проекции на плоскость земной орбиты (орбита Икара наклонена к ней на 23°). Внизу — то же в проекции на плоскость, перпендикулярную линии узлов



если Икар вращается вокруг оси, то его температура в перигелии будет гораздо ниже (около 600°K) и светиться он не будет. Напротив, в афелии температура Икара сильно понижается — значительно ниже не только температуры таяния льда, но и средней температуры Марса (240°K). По-видимому, температура поверхности Икара вблизи афелия около 200°K .

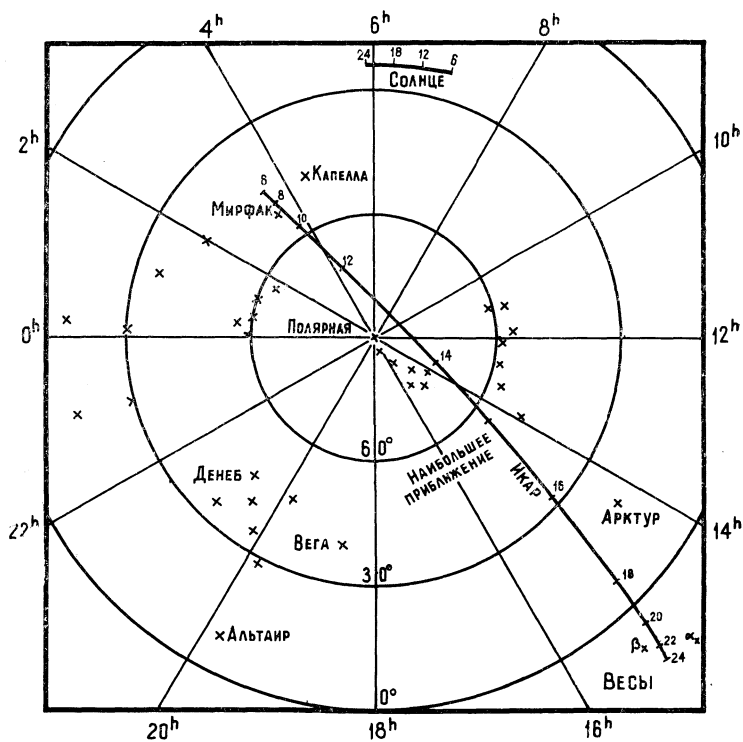
К сожалению, наблюдать Икар вблизи перигелия практически невозможно — в это время он слишком близок к Солнцу и далек от Земли. Весьма затруднены и наблюдения Икара вблизи афелия, так как там Икар будет слишком слаб — лишь 19-й звездной величины.

Но можно попытаться определить из наблюдений в период сближения, не испытывает ли блеск Икара периодических колебаний, как у астероидов Весты, Эроta и других. Для этого следует фотографировать область неба, где находится планета, с короткими экспозициями (по 5 минут), чтобы изображение астероида было звездообразным, а эффект накопления изображения, о котором мы говорили в начале статьи, не сказывался бы. Были бы желательны наблюдения, проводимые в течение нескольких суток без перерыва. Для этого необходимы совместные действия многих обсерваторий, находящихся на разных долготах и располагающих сильными телескопами.

Большой труд предстоит и небесным механикам. Ведь точная аналитическая теория движения Икара (несмотря на наличие ряда работ по этому вопросу) не создана до сих пор.

Наконец, почему бы не попытаться рас-

Рис. 8. Видимый путь Икара среди звезд с 6 по 24 июня 1968 г. (по С. Херрику)



смотреть загадочный астероид поближе? Семь миллионов километров — не такое уж большое расстояние даже по современным масштабам, а в 1968 г. посылка автоматической (а возможно, и управляемой) межпланетной станции для свидания с Икаром могла бы вероятно стать вполне реальной задачей. Но не будем закрывать глаза на трудности такой попытки. Ведь в районе Земли Икар имеет скорость 31 км/сек , двигаясь почти перпендикулярно к земной орбите. Поэтому его скорость относительно Земли составит 43 км/сек . Очевидно, что догнать, а тем более «потрогать» этот астероид — задача очень нелегкая. Удастся ли ее осуществить — покажет будущее.

«ЛУНАР ОРБИТЕР»

Так называли американские ученые автоматическую станцию, выведенную в середине августа нынешнего года на эллиптическую орбиту вокруг Луны. По команде с Земли станция пере-

дала серию снимков лунной поверхности. Предполагается использовать новые данные с целью выбора места на Луне для будущих исследований непосредственно на поверхности естественного

спутника Земли. Вскоре обнаружившиеся серьезные неполадки в телекамере станции отразились на качестве некоторых переданных ею снимков.

ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В ТАШКЕНТЕ

Г. П. ГОРШКОВ,
профессор

Раннее утро 26 апреля 1966 года. Ташкент — большой, красивый город, столица Узбекистана, начинает просыпаться и готовиться к трудовому дню... И вдруг, совершенно неожиданно, сильный подземный толчок веко-лыхнул землю.

Вздрыгнули, зашатались, за-трещали здания, посыпались кирпичи, начали падать трубы, рушиться стены. Густая пыль окутала улицы. Могучий устрашающий гул вырвался из-под земли и заглушил шум от разваливающихся построек. Так пришла беда...

Трудно передать словами ощущение, которое испытывает человек в момент землетрясения. Земля — символ прочности и нерушимости — колеблется под ногами... Чувство беспомощности и страха, изумление перед мощью стихии охватывает человека...

Я только что сказал, что землетрясение произошло совершенно неожиданно. Но так ли это? Разве Ташкент не испытывал землетрясений в прошлом?

Передо мной «Каталог землетрясений Российской Империи», опубликованный И. В. Мушкетовым и А. П. Орловым в 1893 г. Там, на странице 408, можно прочесть (это относится к 1868 г., 23 марта по старому стилю): «...землетрясение в Ташкенте. Оно началось вертикальным колебанием почвы и сопровождалось шумом, подобным отдаленным

раскатам грома... Обрушились стены... Почти все дома в Ташкенте были повреждены, причем было убито 9 мужчин, 4 женщины и 2 детей... вода в прудах как бы выплеснулась на берег. Это землетрясение ощущалось в Ура-Тюбе, Чимкенте, Чиназе и почти везде в Туркестане, причем с

наибольшей силой оно проявилось в горах, простирающихся на юг и восток от Ташкента».

В более поздних каталогах можно найти сведения о том, что с 1866 по 1932 г. жителями Ташкента отмечено 236 подземных толчков. Среди них — 7-балльные толчки в 1868, 1886 и 1924 гг.

Здания, расположенные в эпицентре и построенные без учета сейсмических воздействий, испытали сильные повреждения: старое здание «Обуховских бань» на улице Лахути





Разрушенное землетрясением старое здание адресного стола

Многие жители Ташкента помнят, вероятно, землетрясение в ночь со 2 на 3 ноября 1946 г. Оно было не очень сильным, но колебания почвы чувствовались в течение десятков секунд и во многих зданиях появились трещины. Эти колебания пришли с востока, из Чаткальского хребта, где подземный толчок проявился с силой в 9—10 баллов и сопровождался грандиозными обвалами в горах.

А если мы обратимся к официальному каталогу Ташкентской сейсмической станции, то увидим, что ее приборы ежегодно регистрируют множество землетрясений. Приведу список (табл. 1) наиболее существенных землетрясений, отмеченных в окрестностях Ташкента, начиная с 1929 г. (по данным «Атласа землетрясений в СССР», изд-во

Академии наук СССР, 1962 г., и бюллетеней сети сейсмических станций СССР).

Как видим, землетрясения в Ташкенте действительно бывают, и последнее из них, т. е. 26 апреля 1966 г., совсем нельзя считать неожиданным.

Более того, я хотел бы напомнить, что уже давно советскими сейсмологами составлены карты сейсмического районирования, в том числе и для Средней Азии. Эти карты основаны на тщательном анализе всех сейсмостатистических и геологиче-

Таблица 1

Дата	Географические координаты эпицентра (в градусах)		Энергия (в эргах) E	Класс интенсивности	Сила толчков (в баллах) в некоторых пунктах
	широта	долгота			
16/X — 1929	41,2	68,6	10^{19}	IV	5 (Ташкент)
7/I — 1932	42,2	71,3	10^{19}	IV	—
19/VI — 1934	41,8	70,4	10^{19}	IV	4 (Ташкент)
18/XII — 1937	42,1	70,9	10^{22}	III	6 (Ташкент)
10/IX — 1939	41,4	71,2	10^{19}	IV	3 (Ташкент)
28/VIII — 1940	41,0	71,0	10^{19}	IV	4 (Ташкент)
23/VI — 1955	42,0	71,1	10^{20}	IV	5 (Янги-Курган)
24/X — 1959	41,6	70,0	10^{22}	III	7 (Бричмулла)
25/X — 1959	41,7	70,0	10^{19}	IV	5 (Напай)
26/IV — 1966	41,3	69,3	10^{21}	III	7—8 (Ташкент)

Таблица 2

$\begin{matrix} H, \text{ км} \\ E, \text{ эрг} \end{matrix}$	10	20	40	80	150	300
10^{20}	6—7	6	5	4—5	3—4	
10^{21}	7—8	7	6—7	5—6	5	4
10^{22}	8—9	8	7—8	7	6	5
10^{23}	9—10	9	8	7—8	6—7	5—6

ских материалов и показывают, где следует ожидать землетрясений и какой силы они могут достичь. И до 1949 года Ташкент на этих картах располагался в 7-балльной зоне. Но после дополнительного и более точного анализа было установлено, что здесь возможны землетрясения силой в 8 баллов (но не более!), и в 1949 г. были утверждены новые карты сейсмического районирования, на которых Ташкент был отнесен уже к 8-балльной сейсмической зоне. Здания, которые сооружались в Ташкенте в последние годы, строились с учетом возможности проявления 8-балльных толчков. Следовательно, нынешнее землетрясение лишь подтвердило прогноз, сформулированный сейсмологами еще в 1949 г.

Нужно сказать, что землетрясение 26 апреля характеризовалось некоторыми замечательными особенностями.

Во-первых, эпицентр этого землетрясения, т. е. точка на поверхности Земли, находящаяся непосредственно над очагом (источником подземного удара), оказалась в самом центре города. В истории землетрясений такие случаи встречаются в высшей степени редко. Можно вспомнить лишь Андижанское землетрясение (тоже в Средней Азии) в 1902 г., а также Агадирское (в Марокко) в 1960 г.; в обоих случаях эпицентр был на территориях городов, и оба эти города,

Андижан и Агадир, жестоко пострадали.

Для сравнения укажем, что при известном землетрясении в Скопле (в Югославии) в 1963 г. эпицентр находился вблизи от города, но не на его территории. При землетрясении 1948 г. в Ашхабаде эпицентр был в 20 км от города.

Во-вторых, гипоцентр, т. е. очаг землетрясения, располагался в данном случае очень неглубоко — не более чем в 10 км от поверхности.

Очаги землетрясений возникают на различных глубинах. В южных частях Туркмении — на глубине до 20 км, в Крыму — до 40 км, на Кавказе — до 200 км, на Памире — до 300 км, на Дальнем Востоке — до 600 км. А при землетрясении 26 апреля в Ташкенте — всего на глубине в несколько километров. Ясно, что если очаг лежит глубоко, то даже при очень большой энергии, освобождаемой в нем, колебания доходят до поверхности в ослабленном виде и причиняют меньше вреда. Но при неглубоком очаге даже относительно слабые землетрясения сопровождаются разрушительным эффектом на поверхности.

Можно дать таблицу (табл. 2) зависимости между энергией E (в эргах), которая освобождается в очаге в момент землетрясения, глубиной очага H (в километрах) и интенсивностью толчков на поверхности Земли J_0 (в баллах, по 12-балльной шкале).

Новые здания сейсмостойкой конструкции не пострадали



Энергия землетрясения 26 апреля, по данным сейсмической станции «Ташкент», определяется в 10^{21} эрг. При глубине очага около 10 км сила толчков на поверхности Земли должна была достичь 7—8 баллов. Так и было на самом деле.

Что значит 7 или 8 баллов? Я приведу показатели, характеризующие землетрясения такой силы, из официальной шкалы для определения силы землетрясений:

«7 баллов. В большинстве зданий группы А* значительные повреждения и в отдельных зданиях — разрушения. В большинстве зданий группы Б — легкие повреждения и во многих — значительные повреждения. Во многих зданиях группы В — легкие повреждения и в отдельных — значительные повреждения.

8 баллов. Во многих зданиях группы А — разрушения и в отдельных — обвалы. В большинстве зданий группы Б — значительные повреждения и в отдельных — разрушения. В большинстве зданий группы В — легкие повреждения и во многих — значительные повреждения».

Судя по результатам землетрясения 26 апреля 1966 г., его силу определенно нужно оценить в 8 баллов.

Что же в действительности произошло в Ташкенте? На территории центральных кварталов города разрушены или приведены в аварийное состояние тысячи построек. Выведены из строя жилые и служебные помещения площадью в 2 млн. м². Около 45 000 семей остались без крова. Но — и в этом ярко выраженная особенность данного случая —

разрушены или сильно повреждены главным образом старые здания, — довоенной или даже еще дореволюционной постройки, причем преимущественно одноэтажные. В новых же зданиях последних лет повреждений очень немного.

В последние годы город сильно разрастался, застраиваясь сейсмостойкими многоэтажными зданиями и целыми кварталами. Эти здания возводились в расчете на возможность землетрясений силой до 8 баллов. И они выдержали проверку землетрясением. Новые постройки уцелели даже в зоне эпицентра. Таковы здания универмага (стр. 38), театра Навои и многие другие. Ташкентское землетрясение лишний раз показало необходимость строжайшим образом учитывать и применять разработанные нашими учеными нормы и правила сейсмостойкого строительства.

Каковы же причины землетрясения?

Вообще говоря, землетрясение — это одно из естественных следствий современных тектонических движений, т. е. тех движений, которые испытывает в процессе непрерывного развития и изменения земная кора, а также и верхняя часть подстилающей кору мантии Земли. Движущими силами этого процесса служат внутренние, так называемые эндогенные, силы, связанные с изменением теплового режима Земли, ее вращением вокруг своей оси, воздействием силы тяжести и т. д. Деформации слоев горных пород, формирование горных систем, извержения вулканов, землетрясения — все это различные общие проявления эндогенных процессов. Конкретно же, каждое землетрясение возникает так. В толще Земли постепенно накапливаются тектонические напряжения.

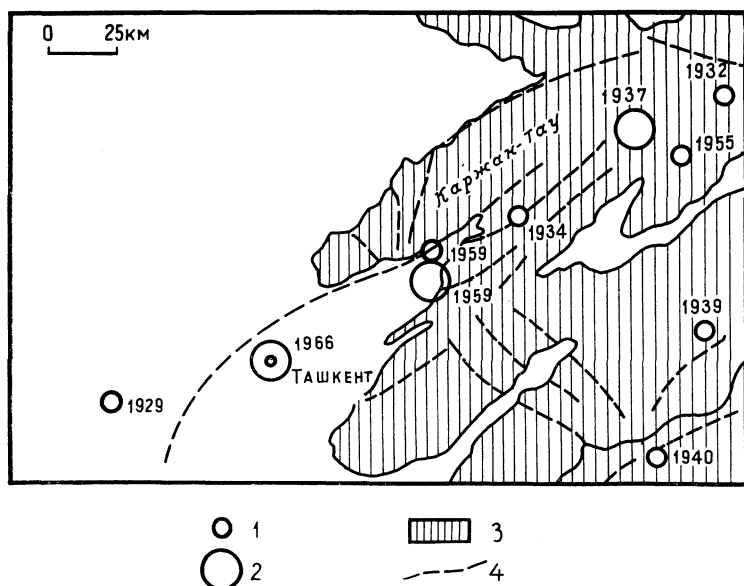
В определенный момент эти напряжения становятся по своей величине настолько большими, что породы, из которых состоят земные недра, уже не в состоянии их выдержать — в глубинах Земли возникает разрыв, по которому происходит смещение масс. Много подобных разрывов обнаруживается на поверхности Земли (например, в Тянь-Шане). Но многие из них не доходят до поверхности, они возникают в глубине и дают о себе знать только в форме землетрясений.

На территории Ташкента подобные тектонические разрывы не видны. Они, вероятно, имеются в глубине, но закрыты сверху слоями молодых рыхлых отложений. О наличии таких разрывов можно догадываться по ряду косвенных признаков. Какие же признаки говорят о том, что разрывы действительно существуют в глубинах Земли под Ташкентом?

На верхней схеме стр. 40 пунктиром показано положение некоторых важнейших разрывов. Один из них ограничивает с юга Каржантауский хребет, расположенный северо-восточнее Ташкента. И вот что замечательно: именно вдоль него располагаются эпицентры землетрясений в окрестностях Ташкента, перечисленных в табл. 1.

С севера Каржантауский хребет также ограничен серией тектонических разрывов. На протяжении длительного времени Каржантауский хребет, сложенный древними палеозойскими отложениями, испытывает подъем по отношению к расположенным по его периферии тектоническим депрессиям рек Чирчика и Коса. Движение осуществляется по отмеченным выше разрывам. Можно предполагать, что обе разрывные зоны пересекаются где-то в районе Ташкента, скрытые от глаз геологов 2—3-кило-

* А — одноэтажные дома со стенами из рваного камня, кирпич-сырца, самана и т. п.; Б — кирпичные и каменные дома; В — деревянные дома.



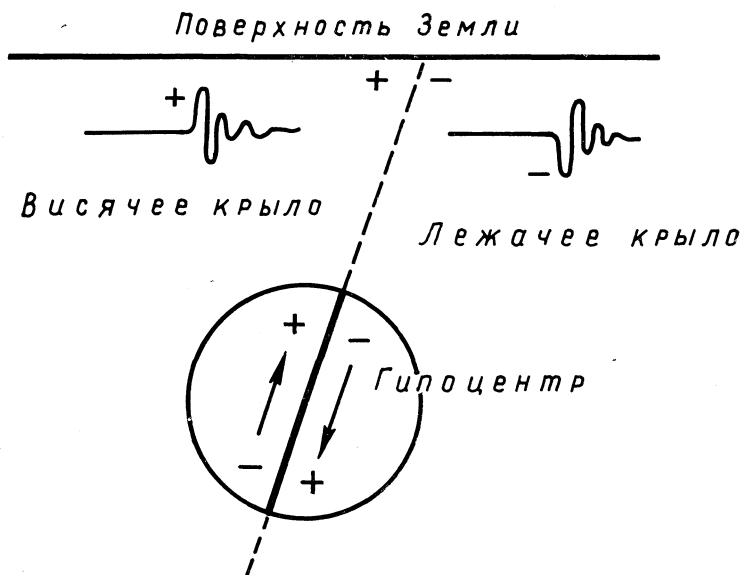
Расположение эпицентров в окрестностях Ташкента. Эпицентры обозначены кружками: 1 — землетрясения IV класса интенсивности; 2 — землетрясения III класса интенсивности; 3 — выходы палеозойских пород; 4 — основные тектонические разрывы

отброс записи сейсмограммы в этом случае направлен вверх, как и видно на схеме. В лежащем крыле первое смещение направлено вниз, и к поверхности пойдет сначала волна разрежения. Сейсмограф ее зарегистрирует, и мы увидим смещение записи сейсмограммы в первый момент также вниз. Имея наблюдения на многих сейсмических станциях, можно довольно точно провести на поверхности Земли линию, разграничивающую зоны волны сжатия и разрежения. Эта линия будет пересечением плоскости разрыва с земной поверхностью. А поскольку известно положение самого очага, то можно определить и наклон разрыва к горизонту. Таким образом, мы получаем все необходимые сведения — положение плоскости разрыва, направление движения крыльев и пр.

метровой толщей молодых третичных и четвертичных отложений.

Хотелось бы обратить внимание еще на одно обстоятельство. Я имею в виду динамические параметры очага землетрясения. Как уже говорилось, при землетрясении происходит разрыв, при котором одно из крыльев (т.е. толща пород по одну сторону от трещины разрыва) почти мгновенно смещается в некотором направлении, а другое крыло — в противоположном. От очага во все стороны с большой скоростью расходятся упругие волны (со скоростью порядка нескольких километров в секунду). Если висячее крыло испытало внезапное смещение вверх (как показывает стрелка), то именно в этом направлении распространяется первый импульс — волна сжатия. Она дойдет до поверхности Земли и будет там отмечена сейсмографом. Первый

Схема деформаций в очаге землетрясения. Жирная линия — тектонический разрыв в толще земной коры. Стрелками показано направление смещения крыльев. Знаками + и — обозначены соответственно волна сжатия и волна разрежения



При Ташкентском землетрясении 26 апреля плоскость разрыва оказалась ориентированной в направлении ССВ — ЮЮЗ, и падение ее, т. е. наклон к горизонту, было довольно крутым, около 70° (по данным Е. И. Бутовской и А. И. Захаровой). Приблизительно также ориентированы и известные в окрестностях Ташкента тектонические разрывы.

Можно ли, основываясь на этом, считать, что Ташкентское землетрясение связано с подвижками именно по Каржантауским разрывам? Нет, это пока преждевременно. Продолжение разрывов на юго-запад, т. е. под Ташкент, еще не доказано. Кроме того, в районе Ташкента могут существовать какие-то другие, самостоятельные, но еще неизвестные, структуры, не связанные непосредственно с этими разрывами. Однако факт совпадения линии Южно-Каржантауского разрыва и полосы эпицентров оспаривать нельзя. Несомненна и аналогия между основными характеристиками тектонических разрывов в окрестностях Ташкента и динамическими параметрами очага последнего землетрясения. Очевидно, здесь налицо какая-то генетическая связь, сущность которой выяснится при дальнейших исследованиях.

Естественно возникает вопрос: может ли повториться сильное землетрясение в Ташкенте? Для получения ответа нужно учесть следующие обстоятельства.

Во-первых, как показывает опыт, в Ташкенте бывают землетрясения местного происхождения, т. е. связанные с очагами, лежащими в непосредственной близости от города. Таким было и землетрясение 1966 г. Кроме того, в этом районе возможны землетрясения, связанные с удаленными очагами. Так было и в 1868 г. и в 1946 г. при Чаткальском землетрясении; эпицентр последнего находился в

230 км от Ташкента, но оно было сильным (в эпицентре 9—10 баллов), и в Ташкенте ощущалось как 6-балльное.

Во-вторых, следует учесть геологическую обстановку, т. е. характер и интенсивность тех тектонических процессов, которые вызывают землетрясения. Современные тектонические движения — поднятия, опускания, изгибы, наклоны, разрывы земной коры — достигают большой интенсивности в расположенных к востоку от Ташкента хребтах Тянь-Шаня. Однако в направлении на запад интенсивность этих движений снижается. Что же касается местных землетрясений, то нужно иметь в виду, что очаг землетрясения 1966 г. расположен

близ границы относительно рыхлой осадочной толщи и более жесткого консолидированного фундамента. Вряд ли в осадочной, слабо деформированной, толще могут накопиться напряжения, достаточные для возникновения очень сильного землетрясения.

Таким образом, сопоставляя между собой интенсивность и характер тектонических движений с данными сейсмической статистики, можно сделать вывод, что 8 баллов — это максимальная сила тех землетрясений, которые могут возникать в пределах Ташкента, и что подобные землетрясения могут происходить здесь лишь один раз в несколько десятилетий. Ожидать в Ташкенте

Здесь прошел танк и повалил угрожавшие падением стены. Бульдозер уберет строительный материал. И на этом месте вскоре возникнет новое, уже сейсмостойкое здание





В ожидании новых квартир в сейсмостойких зданиях жители Ташкента временно поселились в палатках

толчков большей силы, по-видимому, нет оснований.

Наконец, несколько слов о

повторных толчках; как правило, после сильных землетрясений наблюдается множество

* * *

Ташкентские землетрясения требуют от сейсмологов и сейсмогеологов разработки ряда научных вопросов. Среди них следующие:

В каком количественном соотношении находятся сейсмичность и новейшие вертикальные тектонические движения? Какова роль горизонтальных тектонических движений в возбуждении землетрясений? В какой степени сейсмичность зависит от мощности земной коры и рельефа подошвы?

Как физически различаются между собой эписейсмы (землетрясения, очаги которых расположены в пределах осадочной оболочки), мезосейсмы (очаги — в кристаллической части коры) и гипосейсмы (очаги — в верхней

части мантии)? Существует ли какая-либо связь между гипосейсмами и новейшими тектоническими движениями, фиксируемыми на поверхности? Каковы генетические и конкретные количественные связи между сейсмическими и другими геофизическими полями — гравитационным, магнитным, электрическим, тепловым?

Где следует ожидать появления сильных землетрясений в ближайшее время: в тех местах, где они на протяжении последних десятилетий уже происходили, или в тех местах (тектонически подобных первым), где они пока неизвестны? Какие части активных сейсмогенных структур наиболее опасны — например,

повторных толчков, исходящих из зоны очага главного землетрясения. В обычных случаях толчки происходят со временем все реже и постепенно ослабевают. Одной из особенностей Ташкентского землетрясения оказался несколько иной их режим. Среди множества толчков (более 500), отмеченных сейсмической станцией «Ташкент» за первые полтора месяца после 26 апреля, некоторые выделялись значительной силой — от 6 до 7 баллов: 10 мая, 24 мая, 5 июня. Однако процесс разрядки сейсмической энергии все же идет на убыль, и через некоторое время повторные толчки должны ослабевать.

Землетрясения в Ташкенте — большое несчастье. Они причинили жителям города много горя. Но они также показали, с какой стойкостью и организованностью советские люди встречают грозное стихийное бедствие. Вся страна спешит на помощь пострадавшим, и можно не сомневаться в том, что в ближайшее время Ташкент будет полностью восстановлен, застроен современными сейсмостойкими зданиями и станет еще красивее, чем он был до землетрясения.

центральные части ярко выраженных крупных альпийских (новейших, современных) разрывов или участки окончания таких разрывов?

Наконец, каковы основные причины тектонической активности Земли, т. е. каковы источники энергии тектонических процессов (а тем самым и землетрясений), и как решить проблему прогноза землетрясений?

Я не хочу сказать, что у нас нет ответов на эти вопросы. Они намечаются; но нужны ответы более точные, убедительные, обоснованные. Это ставит ряд задач перед геофизическими учреждениями и в том числе перед новым Институтом сейсмологии и сеймотектоники АН Узбекской ССР.

АТОМНОЕ ВРЕМЯ

Н. С. БЛИНОВ,

кандидат физико-математических наук

Трудно отыскать человека, который не слышал бы сигналов точного времени и не пользовался ими. Однако мало кому известно, что эти сигналы в последние несколько лет передаются в новой системе времени, получившей у астрономов и физиков название атомного времени.

Прежде чем подробнее познакомиться с атомным временем, рассмотрим некоторые основные положения задачи об определении и хранении времени. Чтобы иметь возможность правильно отсчитывать время, необходимы эталонная единица и механизм, позволяющий с определенной степенью точности воспроизводить эту единицу и считать количество единиц времени. Эталон для измерения времени дает сама природа; это — сутки, время оборота Земли вокруг своей оси. Как более короткий интервал используют секунду, составляющую $1/86400$ суток. Воспроизведение секунды и счет секунд, минут и часов это уже задача какого-либо часового механизма.

Трудно, пожалуй, найти другой астрономический прибор, точность которого возросла бы за последние 50 лет таким фантастическим образом, как точность астрономических часов. Достаточно сказать, что современные кварцевые часы превзошли по точности маятниковые, употребляемые астрономами в начале этого века, примерно в 1000 раз.

Стремление к повышению точности часов вполне понятно. Счет времени — это процесс

суммирования эталонных единиц, например секунд. Если секунда воспроизводится часами даже с очень малой систематической погрешностью, то в измеряемом интервале эта погрешность будет умножаться на число секунд в нем.

Для контроля хода часов необходимо сравнивать их показания с некоторым эталоном, например, периодом вращения Земли вокруг своей оси. Такое сравнение возможно с помощью астрономических наблюдений. Поэтому на ряде обсерваторий у нас и за рубежом созданы специальные службы времени, определяющие поправки и ход астрономических часов. Конечно, у служб времени есть и другие задачи, но нас пока будет интересовать только эта.

Астрономические наблюдения позволяют сравнить продолжительность суток, определяемых вращением Земли, с продолжительностью суток, задаваемых часами. Если часы уходят вперед или отстают, вычисляются ошибки показаний часов и, если это необходимо, в часы вводится поправка.

Принцип определения хода часов из астрономических наблюдений довольно прост. Заметим по часам два момента, соответствующие двум следующим через сутки прохождением какой-либо звезды через меридиан места наблюдений. Взяв затем разность этих моментов, мы получим продолжительность звездных суток, выраженную в масштабе наших часов. Правда, при этом в полученные моменты надо будет ввести несколько по-

правок. Поправки вызваны тем, что Земля не только вращается вокруг оси, но имеет еще ряд движений, которые искажают результаты наблюдений.

Нельзя идеально точно согласовать продолжительность секунды часов с продолжительностью астрономической секунды, поэтому у всяких часов имеется так называемый ход. В результате в разные дни моментам прохождения звезды через меридиан места наблюдений будут соответствовать различные показания часов. Так, если сегодня некоторая звезда прошла через меридиан в 23 часа 46 минут 10,45 секунды по нашим часам, а в предыдущий день момент ее прохождения приходился на 23 часа 46 минут 10,00 секунд — это означает, что наши часы за сутки ушли вперед на 0,45 секунды. Так в принципе определяется ход часов из астрономических наблюдений.

Определение момента прохождения звезды через меридиан места наблюдения производится на специальных астрономических инструментах. В службах времени СССР наиболее часто применяются пассажные инструменты (рис. 1). На практике наблюдения не ограничиваются одной звездой. Обычно астроном в течение ночи наблюдает несколько десятков звезд. Это позволяет получить поправку часов с точностью до нескольких тысячных секунды. Такая высокая точность была достигнута далеко не сразу. Понадобились десятки лет совершенствования астрономических инструментов. На смену человеческому глазу

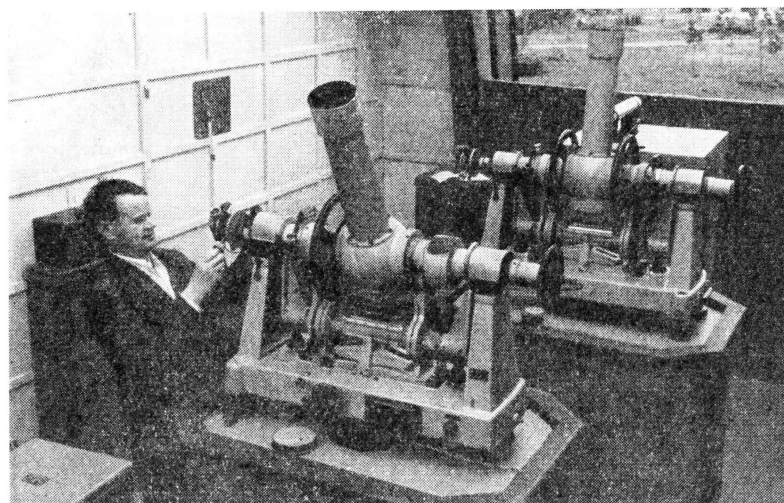


Рис. 1. Вверху — павильон пассажного инструмента; внизу — пассажный инструмент

пришли фотопластинка и фотоэлемент, наиболее важные детали инструментов стали изготавливаться с точностью до долей микрона.

Наряду с увеличением точности астрономических наблюдений совершенствовались и часы — хранители времени. Чем точнее производились наблюдения, тем совершеннее изготавливались часовые механизмы, тем меньше были вариации в ходе часов.

В начале XX века английским физиком Шортом были построены маятниковые астрономические часы новой конструкции. Случайные ошибки в суточном ходе часов Шорта составляют несколько тысячных секунды. К сожалению, ход этих часов может сильно изменяться от года к году и даже от месяца к месяцу. Поэтому часы Шорта нуждались в самом тщательном контроле со стороны астрономов.

В 30-е годы начали применять кварцевые часы. Основным мерилем времени в них служит не период колебания маятника, а продолжительность некоторого числа электромагнитных колебаний. Источник колебаний — ламповый генератор, стабилизированный кварцем.

Хорошо известно, что пластинке кварца, вырезанной особым способом, свойствен пьезоэффект. Если такую пластинку деформировать, например, сжать, то на ее поверхности появятся электрические заряды и, наоборот, если ее поместить в переменное электромагнитное поле, она начнет совершать колебания. Это свойство кварцевой пластинки использовали при создании кварцевых часов.

Если кварцевую пластинку определенным образом включить в схему обычного лампового генератора, то частота генерируемых им колебаний станет исключительно стабильной во времени. Правда, здесь сказывается одна неприятная особенность кварцевой пластины: она сильно меняет свои свойства с изменением температуры, поэтому ее приходится термостатировать. Кварц помещается в двойной термостат, где температура поддерживается постоянной с точностью до сотых, а иногда и тысячных долей градуса.

Кварцевый генератор — сердце часов. Частота его колебаний, составляющая в большинстве случаев от 100 000 до 1 000 000 гц, делится электронным способом до одного колебания в секунду и подается на выход часов в виде секундных импульсов. Что касается счета минут и часов, то это — задача обыкновенного часового механизма из нескольких реле и шестеренок.

Точность первоклассных кварцевых часов (рис. 2) очень высока. Их суточный ход постоянен

до нескольких миллионных долей секунды.

Казалось бы, наступило время торжества конструкторов часов: ведь создан стандарт времени, который значительно стабильнее, чем получаемый из наблюдений период вращения Земли.

Однако очень скоро обнаружили, что кварцевые часы, обладая весьма высокой стабильностью от суток к суткам, на больших (порядка года) интервалах времени довольно ощутимо меняют свой ход. Процесс изменения хода объяснялся «старением» кварца в генераторе часов. Изучением этого явления наряду с физиками занялись астрономы.

Астрономы не только исследовали законы старения кварца, но и получили новые, очень интересные данные о скорости вращения Земли.

До появления кварцевых часов было известно лишь о вековом замедлении скорости вращения Земли. Было установлено, что продолжительность суток менялась примерно на одну-две тысячные секунды за столетие. Такое изменение можно было не учитывать на интервалах в несколько лет, так как оно слишком незначительно. Используя высокое постоянство хода кварцевых часов на сравнительно небольших интервалах времени и определив законы старения кварца, удалось установить, что период вращения Земли вокруг своей оси даже в течение года нельзя считать постоянным. Была открыта сезонная неравномерность вращения Земли. Оказалось, что весной земной шар вращается медленнее, а осенью — быстрее. Максимальное изменение продолжительности суток при этом составляет примерно одну тысячную секунды. Наряду с сезонными изменениями скорости вращения Земли были обнаружены неправиль-

ные, скачкообразные изменения, которые удалось отметить, анализируя результаты астрономических определений времени и наблюдений Луны.

Продолжительность суток, найденную из астрономических наблюдений, приходится исправлять из-за неравномерности во вращении Земли. К сожалению, вводимые поправки не всегда удается получить достаточно точно. Сезонная неравномерность во вращении Земли может определяться только на основании наблюдений предыдущих лет. Предсказанные на следующий год значения иногда не соответствуют действительности: Земля оказалась достаточно «своевольной» и не подчиняется предписываемым ей законам.

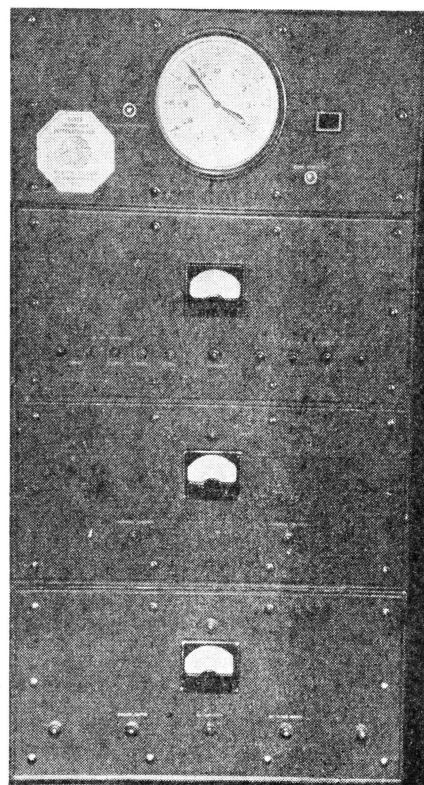
Таким образом, астрономическое время можно считать равномерным лишь с известной степенью точности. Это не всегда удовлетворяет возросшим требованиям науки и техники.

В 50-е годы на помощь астрономам опять пришли физики. В качестве нового эталона для измерения времени они предложили использовать период электромагнитных колебаний, которые излучаются или поглощаются атомами и молекулами некоторых веществ при определенных условиях. Атомы и молекулы могут длительное время находиться лишь в определенных стационарных энергетических состояниях. Это означает, что энергия атомов и молекул может принимать только строго дискретный ряд значений. Переходить из одного энергетического состояния в другое атомы и молекулы могут только скачком. При таких переходах происходит излучение или поглощение энергии. Если атом находился в состоянии с энергией E_2 , а затем перешел в состояние с энергией E_1 , произойдет излучение или поглощение электромагнитных

волн с частотой ν , определяемой соотношением: $h\nu = E_2 - E_1$, где h — постоянная Планка.

Электромагнитные колебания, излучаемые молекулами, и было решено использовать для создания нового эталона времени. Технически эта задача оказалась довольно сложной. Прежде всего надо было получить вещество, молекулы которого находились бы преимущественно в одном, строго определенном энергетическом состоянии. В противном случае, мы не сможем получить интенсивного излучения строго определенной частоты. Затем необходимо «заставить» молекулы перейти в другое определенное энергетическое состояние с тем, чтобы они излучили электромагнитные волны данной частоты и достаточной мощности.

Рис. 2.



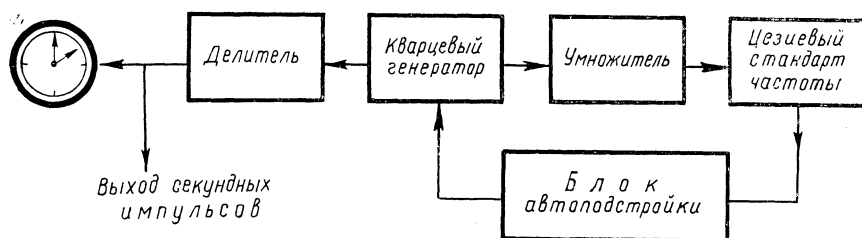


Рис. 3.

Впервые в лаборатории это удалось осуществить в 1954—1955 гг. Н. С. Басову и А. М. Прохорову в СССР и Гордону, Цейгеру и Таунсу в США. На основании их работ были созданы первые молекулярные генераторы, работающие на аммиаке.

Молекулярный генератор (рис. 3) состоит из источника газобразного аммиака, сортировочной системы и резонатора. Молекулы аммиака, попадающие на сортировочную систему, находятся в двух близких энергетических состояниях E_1 и E_2 . Сортировочная система пропускает в резонатор только молекулы с большей энергией, в состоянии E_2 . В резонаторе происходит переход молекул из состояния E_2 в состояние E_1 , сопровождающийся излучением электромагнитных волн, которые отводятся из резонатора. Сортировочная система и резонатор молекулярного генератора помещаются в камеру, где поддерживается высокий и постоянный вакуум.

Несколько иное решение проблемы атомных стандартов частоты и времени было получено с применением в качестве исходного вещества атомов цезия. Цезиевые стандарты не являются генераторами электромагнитных колебаний. В них используется обратный процесс — процесс поглощения электромагнитных волн атомами вещества (цезия) при переходе атомов из состояний с меньшей энергией в состояния с большей энергией.

Цезиевый стандарт — это своеобразный индикатор, реагирующий только на одну определенную частоту электромагнитных колебаний.

Недостаток большинства атомных и молекулярных стандартов — кратковременность их работы. Технически очень трудно создать непрерывно действующий атомный стандарт. Поэтому атомные стандарты обычно комбинируются с высокоточными кварцевыми часами.

На небольших, порядка нескольких суток, интервалах времени стабильность секунды кварцевых часов очень велика, а чтобы учесть ее изменение из-за старения кварца, кварцевые часы раз в несколько суток сравниваются с атомным стандартом. Для этой цели частота электромагнитных колебаний генератора кварцевых часов умножается на определенное число с тем, чтобы ее можно было сравнить с частотой молекулярного генератора или с цезиевым стандартом. В результате сравнения от суток к суткам определяется изменение частоты

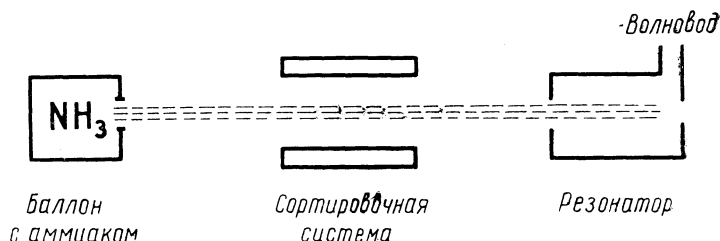
генератора кварцевых часов относительно стабильной частоты молекулярного генератора или относительно цезиевого стандарта; иными словами, определяется изменение секунды кварцевых часов. В таком варианте кварцевые часы играют роль эталона времени, но только в интервалах между сравнениями их с молекулярным стандартом. Иногда удается создать непрерывно действующие атомные стандарты времени. На рис. 4 приведена схема непрерывно действующего цезиевого стандарта и управляемых им кварцевых часов.

Электромагнитные колебания с кварцевых часов, после умножения до частоты 9192,632 Мгц (рабочей частоты цезиевого стандарта), поступают на цезиевый стандарт. В случае изменения, ухода частоты кварцевого генератора от ее расчетного значения, цезиевый стандарт подает сигнал, идущий на блок автоподстройки. Этот блок в свою очередь посылает сигнал на кварцевый генератор и возвращает его частоту к номинальному значению.

Стабильность аммиачных и цезиевых стандартов частоты очень велика. Получаемая с их помощью секунда имеет случайную погрешность порядка 5×10^{-11} от своей величины. Разрабатываемые ныне водородные генераторы обладают стабильностью примерно в 1000 раз большей, чем аммиачные.

В отличие от секунды кварцевых часов, атомная секунда практически не изменяет своей про-

Рис. 4.



должительности с течением времени; у атомных и молекулярных стандартов нет процессов, аналогичных старению кварца. Справедливости ради надо отметить, что иногда изменяется продолжительность секунды и у атомного стандарта, но это, как правило, объясняется каким-либо несовершенством их конструкции.

Применение цезиевых стандартов в комбинации с кварцевыми часами позволило создать принципиально новый эталон времени, независимый от вращения Земли. Шкала времени, получаемая с помощью такого эталона, стала называться атомным временем. Условное обозначение этого времени ТА-1. Его равномерность значительно выше, чем времени, получаемого из астрономических наблюдений.

Введение в практику служб времени атомных стандартов существенно изменило задачи этих организаций. Если раньше астрономические наблюдения служили единственным средством для получения эталонной секунды и поэтому были очень важны, то теперь их роль в вопросах определения времени несколько уменьшилась.

В каком же взаимоотношении находятся сейчас две секунды — астрономическая и атомная? Не исключает ли появление атомной секунды существование секунды астрономической?

Прежде всего отметим, что существует ряд проблем астрономии, геодезии, метеорологии и других наук, решение которых невозможно без астрономического времени. Поэтому астрономическое время, связанное с вращением Земли, необходимо.

Продолжительность астрономической секунды меняется из-за неравномерности вращения

Земли. Поэтому атомное время ТА-1 постепенно расходится с астрономическим. За последние восемь лет время ТА-1 разошлось с астрономическим примерно на четыре секунды.

Наличие двух разных шкал времени, конечно, неудобно. Поэтому, при передаче радиосигналов точного времени используется другая, отличная от ТА-1, шкала атомного времени. Это делается для того, чтобы время моментов подачи радиосигналов незначительно расходилось с астрономическим временем. Достигнуть этого в принципе несложно. Достаточно за атомную секунду выбрать продолжительность такого числа электромагнитных колебаний атомных часов, которая была бы максимально близкой к астрономической секунде в данном году.

Поскольку продолжительность астрономической секунды, полученной из наблюдений, изменяется, приходится менять от года к году и продолжительность атомной секунды, применяемой при подачах сигналов. Это делается обычно раз в год или даже в несколько лет. Шкала атомного времени, полученная с помощью секунды, продолжительность которой постоянна внутри годового интервала, но может быть изменена скачком при переходе от одного года к другому, называется атомным временем ТА.

Идеально точно подогнать атомную секунду к астрономической практически невозможно даже для годового интервала. Поэтому для лучшего согласования двух времен внутри годового интервала, в кварцевые часы, с которых подаются сигналы точного времени, дополнительно вводится специальная коррекция.

Она вводится раз или два раза в год, приближая скачком моменты подачи сигналов к астрономическому времени. Эту коррекцию можно сравнить с обычным переводом стрелок у часов без изменения их хода.

Таким образом, атомное время ТА, оставаясь более равномерным, чем астрономическое, не может сильно отличаться от него. Максимальное различие между этими временами не превышает нескольких сотых секунды за полгода, т. е. в интервале между коррекциями.

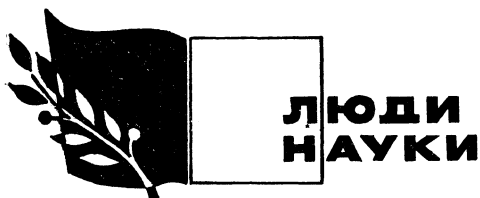
Не следует путать атомную секунду, которая используется в системе ТА при подаче сигналов, с эталонной секундой в системе ТА-1. Продолжительность атомной секунды в системе ТА-1 неизменна, эта секунда может служить независимым эталоном наравне с метром, килограммом и др. Шкала времени, получаемая с помощью такой секунды, обладает не только высокой степенью точности, но и непрерывностью на всем своем протяжении. Шкала атомного времени ТА-1 удобна при различных исследованиях, производимых на больших интервалах, например при изучении неравномерности вращения Земли.

В заключение еще раз подчеркнем, что было бы ошибочным полагать, что создание атомных стандартов времени делает ненужным определение астрономического времени. Исключительно точные и независимые от вращения Земли эталоны времени позволяют исследовать особенности вращения Земли на новом, более высоком уровне. На основании этих наблюдений можно получить ценные сведения о внутреннем строении нашей планеты.

Что читать об атомном времени:

Л. Л. МЯСНИКОВ, «Атомное время», Ленинград, 1962 г.

Д. Я. МАРТЫНОВ, «Века и мгновения», Изд. МГУ, Москва, 1961 г.



ОТТО ЮЛЬЕВИЧ ШМИДТ

*Б. Ю. ЛЕВИН,
доктор физико-математических наук*

30 сентября исполнилось 75 лет со дня рождения замечательного ученого, государственного и общественного деятеля, Героя Советского Союза, академика Отто Юльевича Шмидта. Его деятельность оставила глубокий след во многих областях науки — математике, географии, геофизике, астрономии.

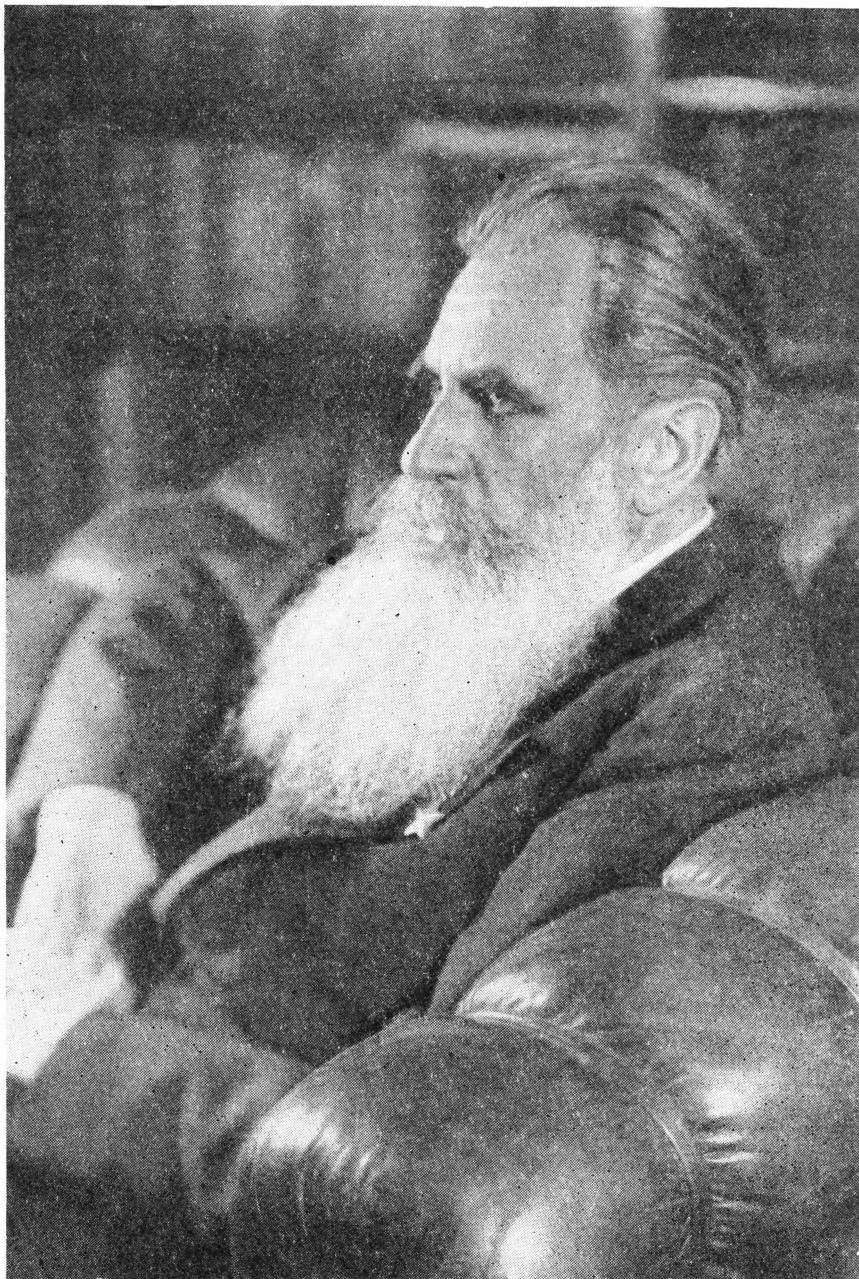
Математик по образованию, О. Ю. Шмидт блестяще окончил Киевский университет и начал в нем научную и педагогическую деятельность. Вскоре после Октябрьской революции он вступил в члены Коммунистической партии и, выполняя ее ответственные задания, в течение многих лет плодотворно работал в различных областях государственной деятельности. Он был членом коллегии наркоматов продовольствия, финансов, просвещения, членом Президиума Госплана; особое внимание уделял вопросам, связанным с развитием культуры. Он руководил Государственным издательством, организовал первое издание Большой Советской Энциклопедии, участвовал в учреждении и присуждении в 20-х годах первых Ленинских премий.

Несмотря на большую загрузку повседневной практической работой, О. Ю. Шмидт продолжал научную и педагогическую деятельность. Его главные научные интересы оставались в те годы в области алгебры, и время от времени он публиковал статьи по теории групп. Но уже тогда появились первые предвестники его будущего перехода к занятиям геофизикой. В 1923 г. в связи с исследованиями Курской магнитной аномалии О. Ю. Шмидт опубликовал статью, в которой рассматривается обрат-

ная задача теории гравитационного потенциала — задача об определении формы и глубины залегания рудных тел по наблюдениям с вариометром на поверхности Земли. Конкретный прогноз, данный в этой статье, хорошо подтвердился последующим бурением. В 1926 г. О. Ю. Шмидт опубликовал краткую заметку, посвященную происхождению земного магнитного поля.

В 1924 г. О. Ю. Шмидт провел два месяца в Альпах, где ознакомился с техникой горных восхождений. Эта подготовка дала ему возможность в 1928 г. войти в состав альпинистской группы советско-германской Памирской экспедиции. Группа совершила рекордные по тому времени восхождения, нашла перевалы Кашан-Аяк и Танымаз, обследовала только что открытый величайший в мире ледник Федченко. Это было началом географической деятельности О. Ю. Шмидта. Но вскоре на смену ледникам и уходящим в небо вершинам «Крыши мира» пришли бескрайние льды и снега Северного Ледовитого океана.

Развитие народного хозяйства советской страны требовало широкого и планомерного наступления на Арктику. В 1929 г. О. Ю. Шмидт был назначен начальником экспедиции на ледокольном пароходе «Седов», которая водрузила советский флаг на Земле Франца-Иосифа и организовала там первую научную станцию. В 1930 г. вторая экспедиция на «Седове» достигла рекордной широты $82^{\circ}14'$, основала научную станцию на Северной Земле, открыла новые острова и «закрывает» острова, ошибочно нанесенные на карту. После этих экспедиций в Ленинграде был организован Арктический



О. Ю. Шмидт (1951 г.)

институт, директором которого стал О. Ю. Шмидт.

Новая экспедиция, организованная и возглавленная О. Ю. Шмидтом, состоялась летом 1932 г. на ледокольном пароходе «Сибиряков». Ее задачей было пройти за одну навигацию Северный морской путь. Через

два месяца после выхода из Архангельска «Сибиряков» с поломанным винтом, на самодельных парусах вошел в Берингов пролив. Впервые в истории Арктики Северный морской путь был пройден без зимовки. После этого для планомерного развития северных районов нашей страны постановле-

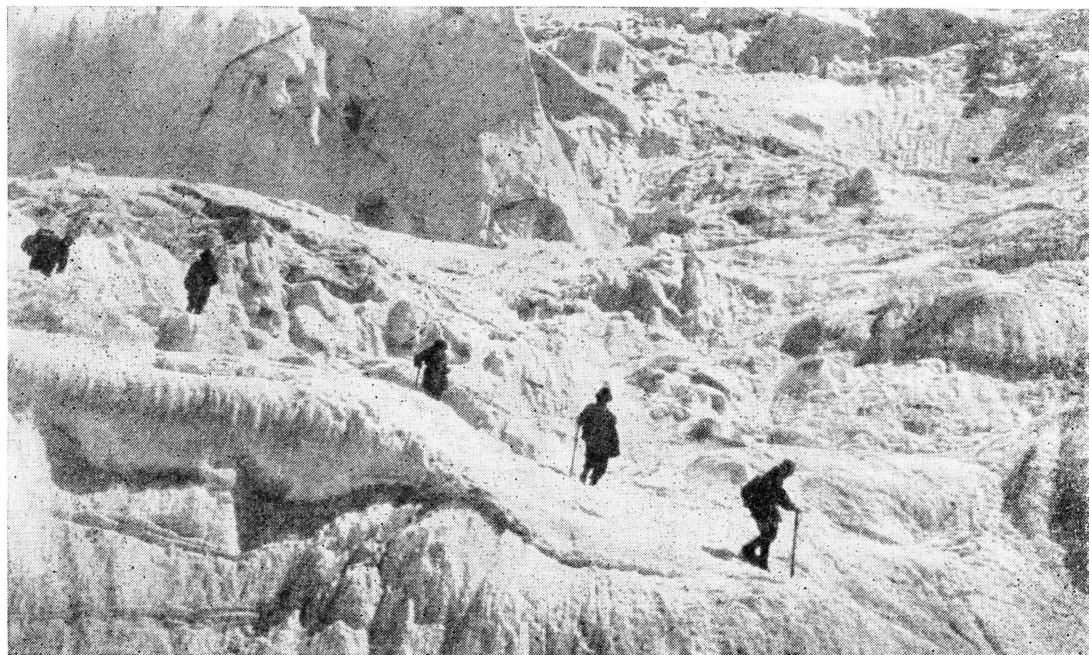
нием Правительства создается Главное управление Северного морского пути, начальником которого назначается О. Ю. Шмидт.

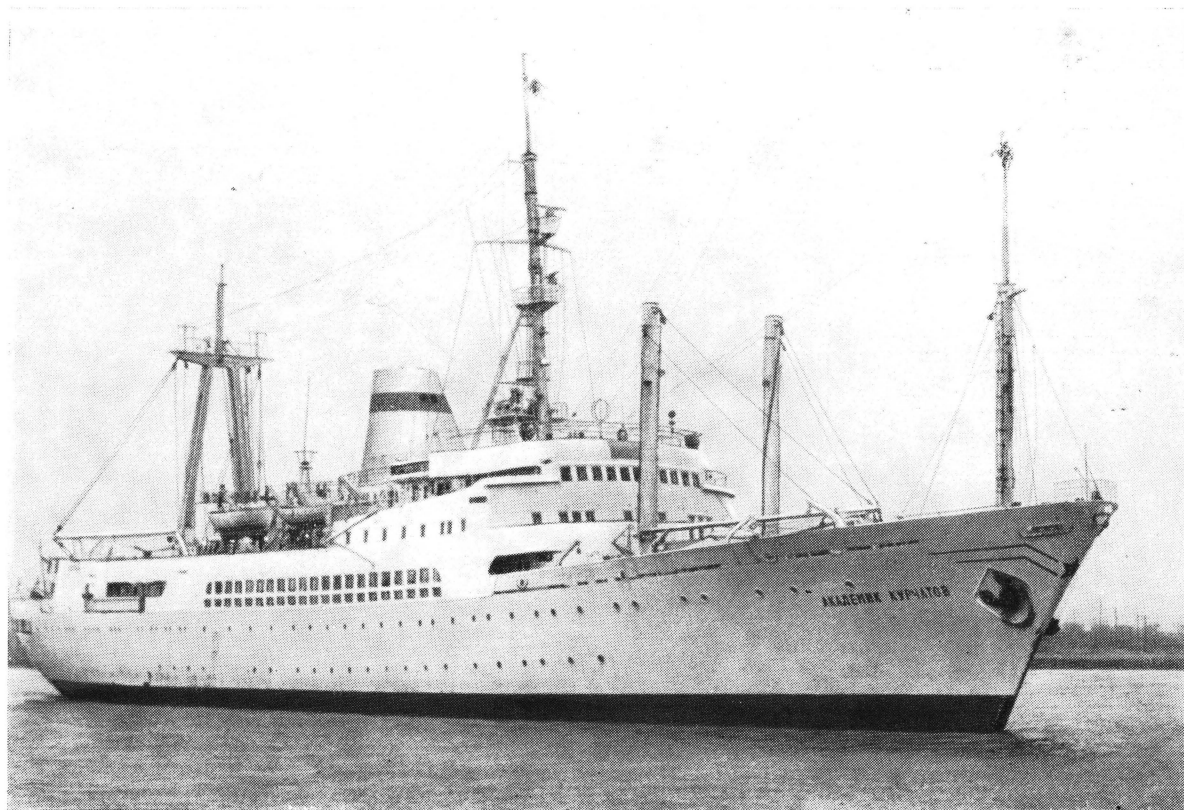
Руководя всей работой по научному и экономическому освоению Севера, О. Ю. Шмидт продолжал возглавлять арктические экспедиции. В 1933 г. по Северному морскому пути отправился «Челюскин» — пароход неледокольного типа, но зато большей грузоподъемности, чем «Сибиряков». На расстоянии всего трехсот километров от цели тяжелые льды преградили путь «Челюскину», а потом сомкнулись вокруг него. Дрейф льда был направлен к востоку, и в середине октября «Челюскин» оказался в северной части Берингова пролива, почти достигнув цели. Но здесь направление дрейфа изменилось, и корабль начал двигаться сперва к северу, а затем к западу. После четырех месяцев вынужденной зимовки, в феврале 1934 г., произошла катастрофа — мощное сжатие льдов раздавило корабль. Во мраке полярной зимы люди покинули медленно погружающийся корабль и спустились на лед. Над пучиной Северного Ледовитого океана, в 100 км от безлюдного берега Чукотки возник «ледовый лагерь Шмидта».

Сжатия льда повторялись. Они разрушили лагерь и с огромным трудом подготовленный аэродром. Наконец, героические летчики, посланные для спасения челюскинцев, добираются до Чукотки и начинают полеты в лагерь. Тем временем долго скрываемая О. Ю. Шмидтом простуда перешла в тяжелое воспаление легких. Вопреки протестам О. Ю. Шмидта, желавшего последним покинуть льдину, по приказу Правительственной комиссии, возглавлявшейся В. В. Куйбышевым, его вывезли самолетом в больницу на Аляску, а эвакуацию ледового лагеря благополучно завершили тремя днями позже.

Два года длилась передышка от экспедиций, а в 1936 г. О. Ю. Шмидт вновь отправился в Арктику и, возглавляя экспедицию на ледорезе «Литке», снова прошел Северный морской путь за одну навигацию. Прошло всего 4 месяца после возвращения из этой экспедиции, и в феврале 1937 г. он вылетел на Землю Франца-Иосифа во главе воздушной экспедиции, включавшей четыре тяжелых самолета. На этот раз целью экспедиции была организация научной станции на дрейфующих льдах Центрального Поляр-

Памирская экспедиция 1928 г., в которой принимал участие О. Ю. Шмидт. Спуск группы советских альпинистов с перевала Кашан-Аяк в долину реки Ванч





«АКАДЕМИК КУРЧАТОВ»

Новый экспедиционный корабль «Академик Курчатов» построен в ГДР по техническому заданию и эскизному проекту, разработанным специалистами Академии наук СССР.

По своему техническому оснащению судно значительно превосходит хорошо известные исследовательские суда «Витязь», «Михаил Ломоносов» и др. Водоизмещение корабля 6800 т, мощность двигателей 8000 л. с., максимальная скорость хода 18,2 узла,

площадь всех научных помещений более 900 м².

Корабль оснащен новейшими навигационными приборами и обладает высокой маневренностью. На борту корабля 24 научных лаборатории, предназначенные для исследований по физике моря и атмосферы, а также для разработки проблем геологии, геоморфологии, биологии. Данные глубинных исследований будут передаваться в лабораторию по кабелю на осцилло-

графы или магнитную ленту информации, которая поступит дальше на обработку в находящуюся на корабле электронно-вычислительную машину «Минск-2». Научный персонал и экипаж судна размещается в 98 комфортабельных каютах.

Завершение строительства «Академика Курчатова» — крупное достижение мирового экспедиционного судостроения.

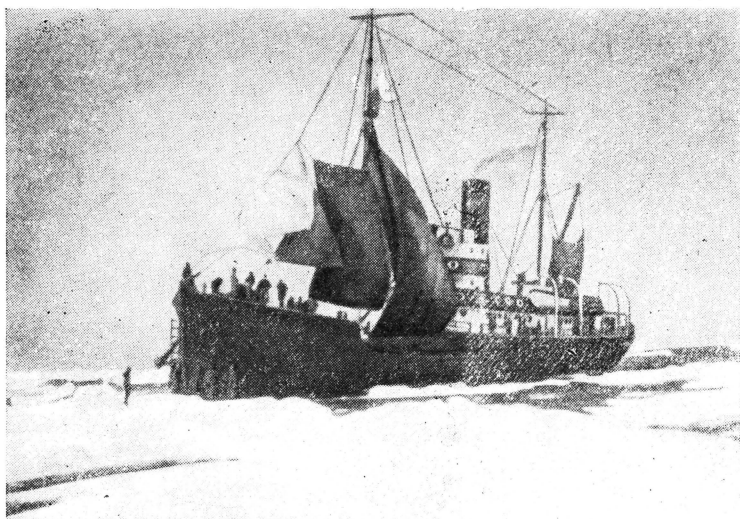
«Вестник Академии наук СССР»,
1966, № 5



Ч И Т А Й Т Е
В Ы П И С Ы В А Й Т Е

НА У Ч Н О - П О П У Л Я Р Н Ы Й
Ж У Р Н А Л

З Е М Л Я
И
В С Е Л Е Н Н А Я



О. Ю. Шмидт во время экспедиции на «Сибирякове». Слева — «Сибиряков» под парусами (1932 г.)

ного бассейна. Этот смелый бросок опирался на опыт, накопленный в ледовом лагере челюскинцев, который показал, что на ледяных полях можно не только жить, но и сажать самолеты.

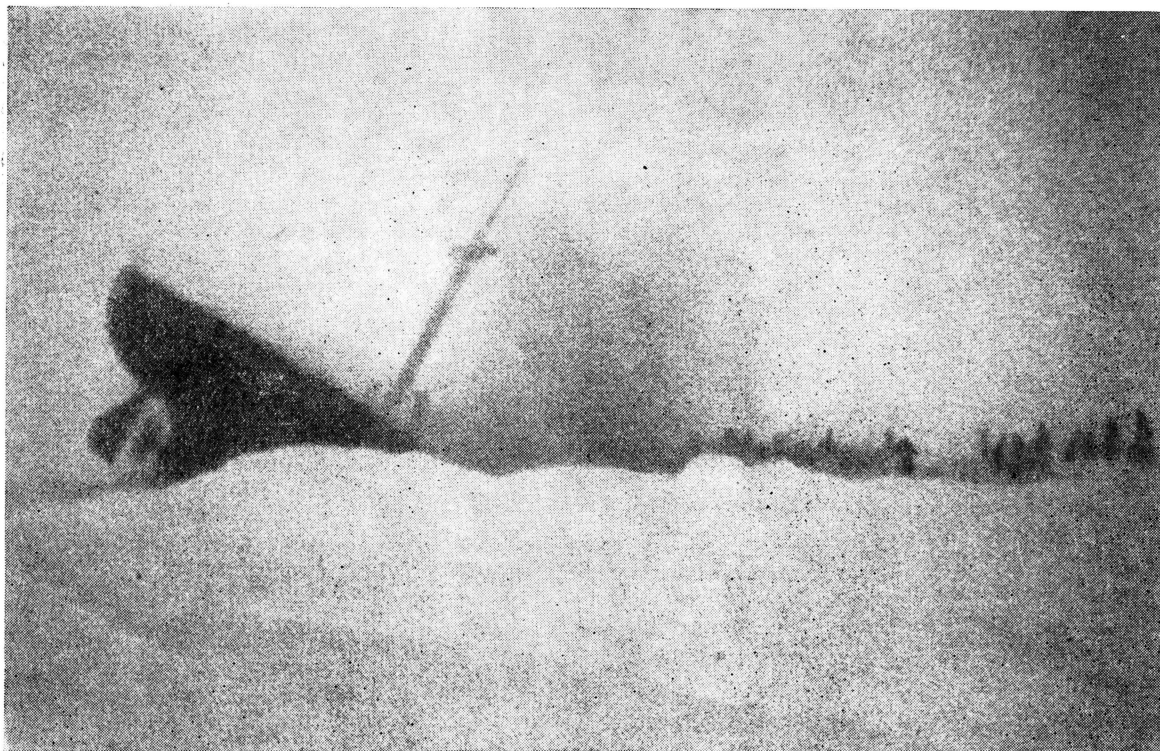
21 мая 1937 г. головной самолет экспедиции, на котором находился и О. Ю. Шмидт, достиг Северного полюса. С воздуха было выбрано ледяное поле, пригодное для посадки, и в течение нескольких дней была организована первая в мире дрейфующая научная станция. На ней остались зимовать четыре полярника — И. Д. Папанин, П. П. Ширшов, Е. К. Федоров и Э. Т. Кренкель. За успешное проведение экспедиции на Северный полюс О. Ю. Шмидту было присвоено звание Героя Советского Союза — звание, установленное в 1934 г. в связи с челюскинской эпопеей (тогда оно было присвоено летчикам-спасателям). Весной 1938 г. О. Ю. Шмидт руководил работами по снятию папанинцев со льдины, которую дрейф в это время выносил в Атлантический океан вдоль берегов Гренландии.

В 1937 г., вернувшись из экспедиции на полюс, О. Ю. Шмидт писал: «Возможности самолета, как орудия исследования, значительно выше, чем предполагалось. Наряду с возможными повторными высадками на лед такой станции, как Папанинская, на полюсе или в другом месте центрального бас-

сейна Арктики можно будет широко применять временные посадки на льдину для производства научных работ в течение нескольких дней или недель. Такая переносная обсерватория сможет в один сезон поработать в разных местах Арктики».

Как известно, дальнейшее изучение Арктики пошло именно по тому пути, который предвидел О. Ю. Шмидт тридцать лет тому назад. Организованная им первая дрейфующая станция, называемая теперь СП-1, открывает длинный список советских станций «Северный полюс». Широкое применение нашли также и предложенные им переносные обсерватории.

В 30-е годы начались работы О. Ю. Шмидта в области геофизики. В его лице стали совмещаться математик и географ, и это усилило его интерес к геофизике — науке, изучающей земной шар физико-математическими методами. Арктика, пожалуй, лучше, чем любой другой район, выявляет необходимость количественного исследования физических процессов, протекающих во всех трех оболочках земного шара — литосфере, гидросфере и атмосфере. Во время арктических путешествий на каждом шагу приходится сталкиваться с взаимодействием этих оболочек и протекающими в них процессами планетарного масштаба. Дрейф ледяных полей зависит и от атмосферных вет-



Последние минуты «Челюскина» [1934 г.]

ров, и от морских течений. Морские течения зависят и от ветров, и от формы дна, и от конфигурации берегов; ледовый прогноз для полярных морей опирается на данные о погоде в Мексиканском заливе, определяющей количество тепла, приносимого Гольфстримом, а радиосвязь в Арктике больше, чем где бы то ни было, зависит от вспышек на Солнце.

В середине 30-х годов О. Ю. Шмидт, незадолго до того избранный академиком, организовал при Институте географии Академии наук СССР Геофизический сектор, который в 1938 г. был преобразован в Институт теоретической геофизики. Перед этим Институтом — небольшим, но объединявшим ученых разных специальностей, — его директором О. Ю. Шмидтом была поставлена комплексная программа исследований, охватывающих все оболочки Земли. К сожалению, начавшаяся вскоре война не позволила осуществить эту программу. Исследования подобного масштаба возобновились

лишь после смерти О. Ю. Шмидта в связи с Международным геофизическим годом, Годом спокойного Солнца и последующими международными геофизическими программами.

В 1939—1942 гг. О. Ю. Шмидт был первым вице-президентом Академии наук СССР. В 1941 г. он руководил эвакуацией учреждений Академии и налаживанием ее работы в новых условиях.

В 1943 г. начался последний этап научной биографии О. Ю. Шмидта, логически подготовленный ее предыдущими этапами. За переходом от географии к геофизике последовал переход от геофизики к планетной космогонии.

Став во главе советских геофизиков, О. Ю. Шмидт на каждом шагу убеждался в том, что решение многих важных вопросов (горообразование, возникновение землетрясений, строение земного ядра и другие) уходит своими корнями в область гипотетических представлений о происхождении Зем-

ли. Только зная, как сформировалась Земля, можно проследить ее дальнейшее развитие, познать ее современное строение и процессы, протекающие в ее недрах. В 1943 г. О. Ю. Шмидт вплотную занялся этой проблемой и создал новую целостную материалистическую теорию происхождения Земли, связавшую астрономический и геологический этапы ее развития и радикально изменившую наши представления о ее начальном состоянии.

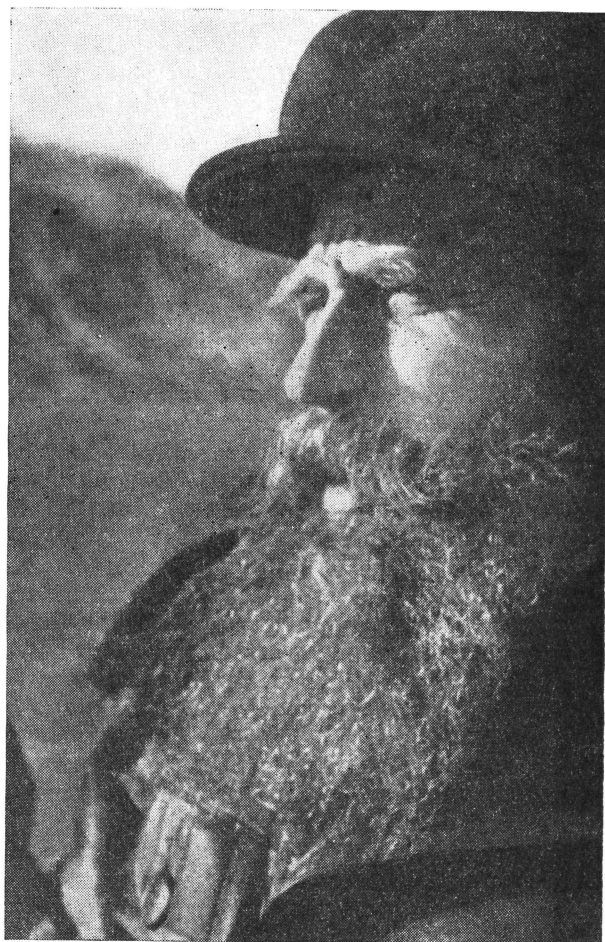
Основные результаты О. Ю. Шмидта относятся к центральной задаче планетной космогонии — так он называл вопрос о предшествующем состоянии вещества планет и о механизме их формирования из этого вещества. Критически оценив историю планетной космогонии, О. Ю. Шмидт пришел к заключению, что классические гипотезы Канта и Лапласа содержали важный элемент истины: идею образования планет из рассеянного вещества. Анализ основных закономерностей движения планет позволил ему установить, что планеты образовались путем объединения множества тел, двигавшихся по различным эллиптическим орбитам. Особенности движения отдельных тел усреднялись при их объединении, и это объясняет круговой характер и компланарность планетных орбит. В отличие от других исследователей, математически анализировавших процесс аккумуляции планет, О. Ю. Шмидт впервые учел постепенное убывание запаса вещества в «зоне питания» планеты и получил формулу для скорости роста планеты, дающую сперва нарастание, а затем спад интенсивности процесса. Он показал также, что процесс аккумуляции планет из множества отдельных тел включает в себе механизм, регулирующий расстояния между орбитами соседних планет. Это открыло путь к объяснению закона планетных расстояний. Применяя к процессу роста планет совместно закон сохранения энергии (с учетом перехода в тепло части кинетической энергии) и закон сохранения момента количества движения, О. Ю. Шмидт показал, что «спокойный» рост планеты в результате выпадения на нее окружающих мелких тел приводит к прямому ее вращению. Правда, реальный процесс оказывается сложнее, так как в «зоне питания» планеты небольшие тела объединяются в несколько сравнительно крупных тел, которые в конце концов присоединяются к планете, нарушая

положение ее оси вращения. Как известно, это проявилось особенно резко в случае Урана.

В ходе дальнейшей разработки теории сам О. Ю. Шмидт и его сотрудники внесли в нее существенные дополнения и изменения. В 1949—1950 гг. были привлечены данные о химическом составе планет, и это позволило продвинуться дальше в прошлое и выяснить, что рой тел образовался в недрах газово-пылевого облака, некогда окружавшего Солнце. Сперва из пылевой компоненты этого облака образовался рой тел астероидных размеров, а затем эти тела, а также их обломки, возникшие при столкновениях, объединились в планеты.

Для наук о Земле — геофизики, геохимии, геологии — самым важным выводом

О. Ю. Шмидт (1934 г.)





О. Ю. Шмидт кормит белого медведя на острове Рудольфа [1937 г.]

из новых представлений о процессе формирования Земли был вывод о ее относительно холодном начальном состоянии. Полтора столетия господства гипотезы о первично раскаленной Земле привели к тому, что многие ученые не могли представить, как можно обойтись без «огненно-жидкого» начального ее состояния. И хотя против такого представления долгие годы — со времени открытия радиоактивности горных пород — боролся еще В. И. Вернадский, космогоническое обоснование О. Ю. Шмидтом холодного начального состояния Земли произвело огромное впечатление. Постепенно преимущества новой точки зрения стали завоевывать все большее число приверженцев, и сейчас она признана и астрономами и представителями наук о Земле.

Не сразу получила признание и идея образования планет в процессе объединения

холодных твердых тел. В 50-х годах она стала господствующей в планетной космогонии, а в 60-х годах — определила единственное направление ее развития.

Хотя главной целью О. Ю. Шмидта было выяснение происхождения и развития Земли, его исследования охватывают не только все планеты, но и астероиды, кометы и спутники. Исследования происхождения этих тел уточняют различные стороны процесса образования планетной системы и тем самым помогают уточнению процесса формирования Земли.

В конце 30-х и в начале 40-х годов в центре внимания исследователей планетной космогонии оказался вопрос о распределении момента количества движения между Солнцем и планетами, или, что то же самое, вопрос об огромной протяженности планетной системы по сравнению с размерами Солнца.

Выяснилось, что гипотеза Джинса, так же как и все предшествующие, не способна объяснить это распределение.

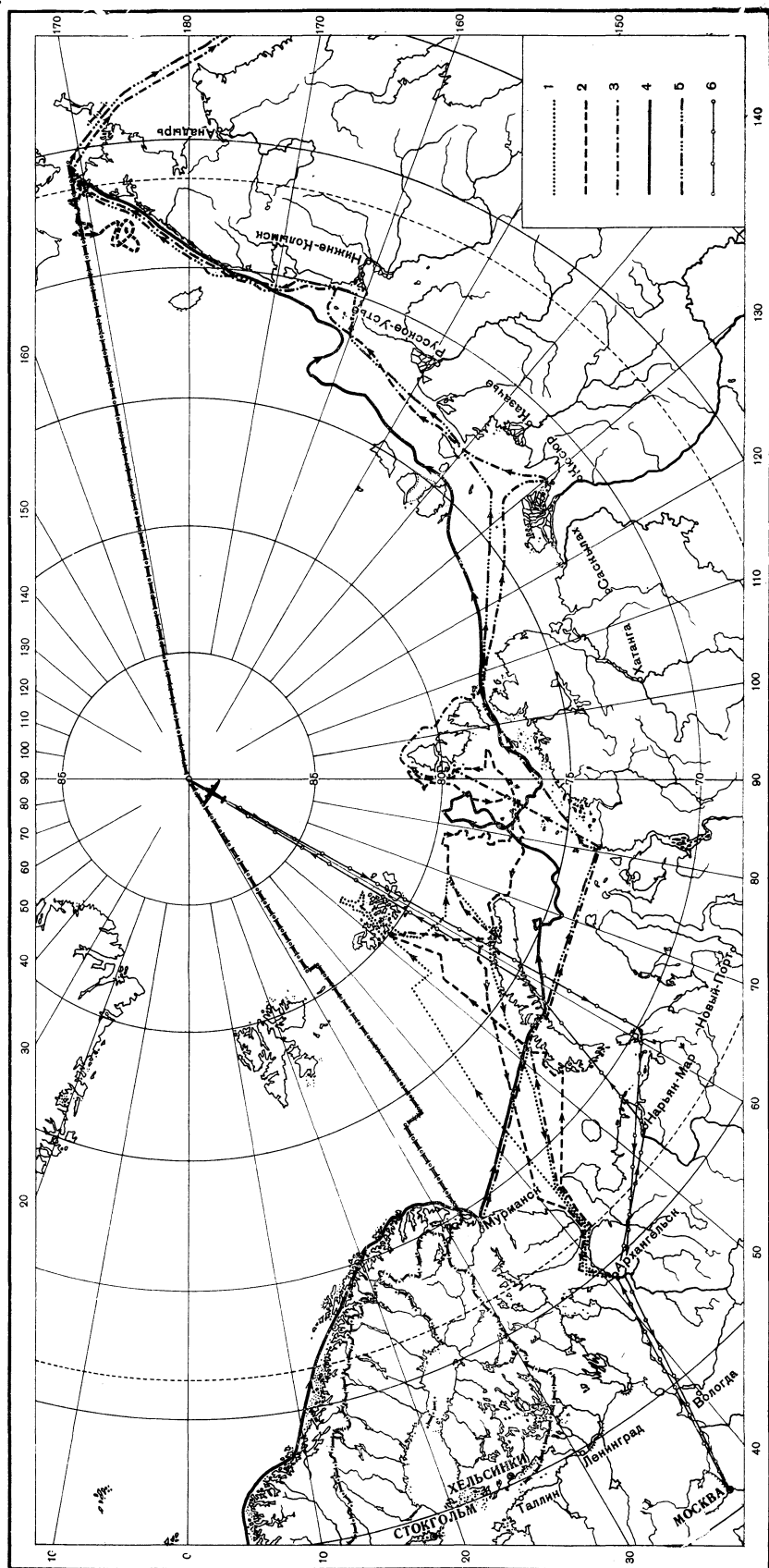
У всех прежних космогонических гипотез, наряду с индивидуальными недостатками, оказался один общий — проблема моментов. Анализ имеющихся данных привел О. Ю. Шмидта к убеждению, что удивительное распределение момента между Солнцем и планетами объясняется тем, что вещество для построения планет было захвачено Солнцем из одного из межзвездных облаков. При этом имелся в виду гравитационный захват, т. е. захват под действием сил тяготения. Для его осуществления необходимо по крайней мере три тела. До конца 40-х годов О. Ю. Шмидт предполагал захват роя тел, а потом, когда было выяснено, что эти тела образовались около Солнца в газово-пылевом облаке, речь стала идти о захвате этого облака, что гораздо лучше согласуется с нашими знаниями о составе межзвездных облаков.

В те годы захват, по выражению самого О. Ю. Шмидта, был исключен из арсенала космогонических исследований. Это было связано с тем, что возможность захвата в задаче трех тел отвергалась французским математиком Шази. В 1947 г. О. Ю. Шмидт рассчитал пример захвата в гиперболической задаче трех тел и опроверг неверный вывод Шази. В дальнейшем на этом результате основывались многочисленные работы советских ученых, развивших математическую теорию гравитационного захвата. Были рассмотрены также негравитационные формы захвата, в частности захват в результате неупругих соударений в окрестностях Солнца. Хотя сам О. Ю. Шмидт не занимался изучением этой формы захвата, в последние годы своей жизни он считал ее наиболее эффективной формой.

Оживленные дискуссии по вопросу о захвате привлекли к нему внимание многих. Да и сам О. Ю. Шмидт, особенно в первые годы своих занятий космогонией, придавал

Разгрузка флагманского самолета на полюсе [1937 г.]





Карта арктических экспедиций, возглавлявшихся О. Ю. Шмидтом:
 1 — экспедиция на «Седове», 1929 г.; 2 — экспедиция на «Седове», 1930 г.; 3 — экспедиция на «Сибирякове», 1932 г.; 4 — экспедиция на «Челюскине», 1933—34 гг.; 5 — экспедиция по проводке судов из Мурманска во Владивосток, 1936 г.; 6 — воздушная экспедиция на Северный полюс, 1937 г.

захвату большое значение. Это создало ошибочное представление о том, что захват является центральным пунктом космогонических исследований О. Ю. Шмидта. На самом же деле главное в них — **выяснение процесса формирования Земли и планет.** Это и составляет **космогоническую теорию О. Ю. Шмидта.**

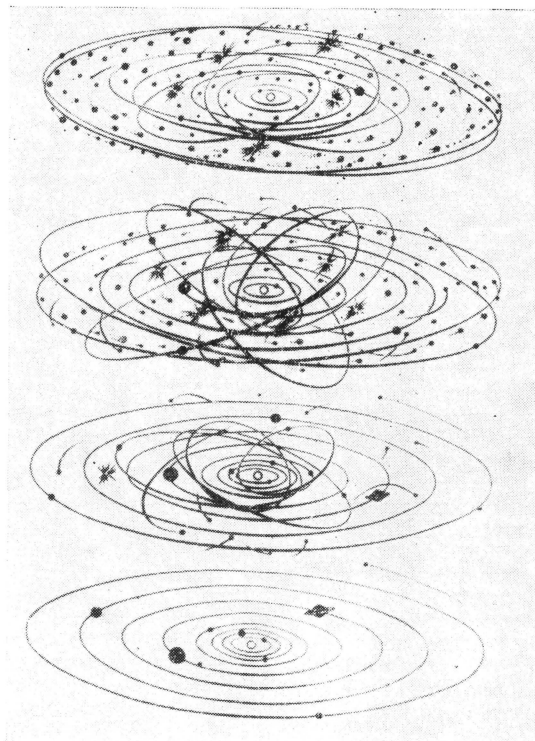
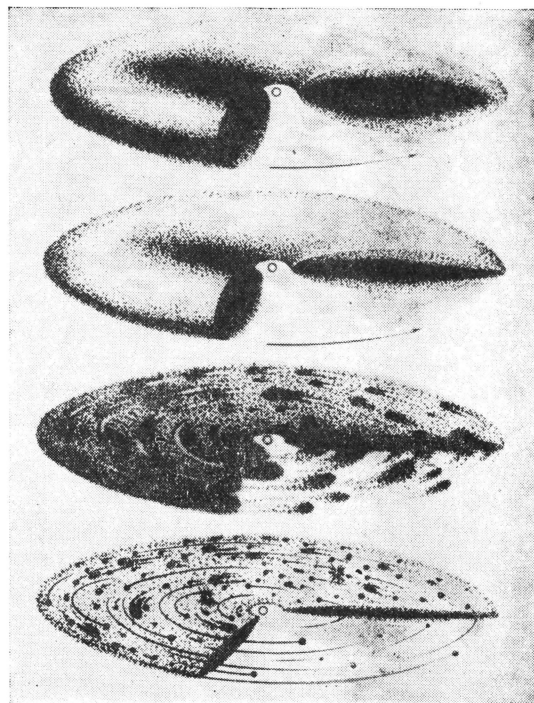
Главная трудность, с которой столкнулась гипотеза О. Ю. Шмидта о захвате допланетного вещества, заключается в том, что непонятно, почему Солнце медленно вращается вокруг оси, которая почти перпендикулярна центральной плоскости планетной системы. Уже после смерти О. Ю. Шмидта были достигнуты успехи в решении проблемы моментов в рамках представлений о совместном образовании Солнца и протопланетного облака. Например, Хойл, опираясь на идею Альвена, показал возможность передачи момента от Солнца облаку в результате электромагнитного взаимодействия. Но и в этом случае пока еще остаются серьезные непреодоленные трудности. До настоящего времени так и не удается сделать выбор между различными гипотезами о происхождении околосолнечного газово-пылевого протопланетного облака.

Хорошо понимая комплексность проблемы происхождения Земли, стоящей на стыке астрономии и наук о Земле, О. Ю. Шмидт стремился привлечь к ее разработке как можно больше представителей разных наук.

Одной из замечательных черт его характера было то, что он охотно привлекал к работе людей, сдержанно или даже критически относившихся к его взглядам. Он считал, что такие сотрудники будут более придирчивы к ошибкам и недостаткам и это будет способствовать выявлению и устранению этих недостатков. Вообще О. Ю. Шмидт стремился услышать как можно больше критических замечаний о своих работах и исключительно внимательно к ним относился.

Схема образования планет по гипотезе О. Ю. Шмидта:
вверху: первый этап эволюции — оседание пылевой компоненты протопланетного облака к его центральной плоскости и образование из нее сгущений, превращающихся затем в небольшие тела.

Внизу: второй этап эволюции — аккумуляция планет из роя небольших тел и их обломков



Несмотря на то, что его космогонические исследования протекали в условиях все усиливавшегося туберкулеза, он много выступал с лекциями и докладами, которые сопровождались оживленными дискуссиями.

В 1948 г. развитие болезни вынудило О. Ю. Шмидта оставить пост директора Геофизического института АН СССР, образованного при слиянии Института теоретической геофизики и Сейсмологического института. Однако стремление к активной деятельности не покидало его. Считая необходимым улучшить подготовку кадров геофизиков, он возглавил геофизическое отделение физического факультета МГУ, которое расширялось в связи с переездом в новое здание.

В конце 1953 г. произошло резкое обострение болезни О. Ю. Шмидта и последние два с половиной года своей жизни он был прикован к постели. Он скончался 10 лет назад, 7 сентября 1956 г.

В 1943 г. в лекции для молодежи, посвященной взаимосвязи наук, О. Ю. Шмидт подчеркивал ту роль, которую играют в развитии науки и культуры «люди громадных всеобъемлющих знаний», и отмечал, что такие люди были и есть. Призывая сле-

довать им, он говорил: «Если не сумеем все знать, постараемся знать побольше и главное **поглубже**, т. е. не столько факты и детали, сколько основные законы; так знать, чтобы они стали частью нашей культуры, нашего мировоззрения, чтобы помогли и в нашей более узкой работе по специальности».

Сам О. Ю. Шмидт мог служить примером широко и глубоко знающего человека. Большая творческая одаренность сочеталась у него с выдающимся организаторским талантом. У людей, близко знавших его, он пользовался огромным уважением и любовью. Во всех областях науки, которыми занимался О. Ю. Шмидт, он оставил глубокий и яркий след.

Имя Шмидта присвоено одному из островов, открытых экспедицией «Седова» в 1930 г., и мысу на побережье Чукотки, вблизи которого дрейфовал ледовый лагерь челюскинцев. Ледовый щит Антарктиды скрывает под собой Равнину Шмидта. Один из геофизических институтов Академии наук СССР — Институт физики Земли носит имя О. Ю. Шмидта. Президиум Академии наук СССР учредил премию имени О. Ю. Шмидта, присуждаемую за фундаментальные работы по планетарной геофизике.



НОВАЯ ЗОНА РАЗЛОМА В ДНЕ ТИХОГО ОКЕАНА

Она расположена севернее известных зон Мендосино, Меррей и Молокаи, примерно на широте острова Ванкувер, и простирается более чем на 130 км с северо-востока на юго-запад; ширина желоба в отдельных местах достигает 25 км. Обнаружившие новую зону американские ученые считают, что она возникла в результате сброса, около 50 млн. лет назад. Высота гребня, окаймляющего желоб, — более 800 м, глубина разлома — около 800 м.

Сообщение об этом опубликовано в журнале «Science News Letter» (89, 1966, 239).

ПОДВОДНОЕ БУРЕНИЕ У АТЛАНТИЧЕСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ США

Исследуя строение и состав земной коры под океаном, американские ученые предприняли бурение у Атлантического побережья США. У берегов штата Джорджия и северной части Флориды, на континентальном шельфе, его склоне и на подводном плато Блейка пробурено шесть скважин и взяты колонки грунта.

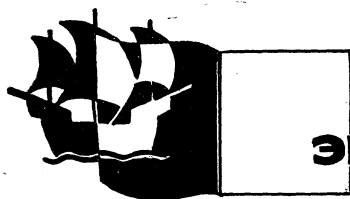
Побочным результатом этого бурения явилось открытие залежей полезных ископаемых. В частности, были найдены зоны скопления фосфатов, имеющих такое же стратиграфическое положение, как и в прилегающей части суши. Фосфатная галька, обычно отмечающая границу между различными геологическими формациями, обнаружена в слое фосфатных глин, отложив-

шихся в миоцене (около 30 млн. лет назад).

Обнаружен также водоносный слой артезианской пресной воды под поверхностью шельфа. При бурении скважина дала фонтан воды высотой около 10 м над поверхностью моря.

Исследования проводились Ла-монтской геологической обсерваторией Колумбийского университета (штат Нью-Йорк), Вудсхол-ским океанографическим институтом (штат Массачусетс), Институтом морских наук Университета Майами (Флорида) и Скриппсовским океанографическим институтом Калифорнийского университета (Ла-Холья, Калифорния).

«Science», 150, 1965, 709.



ЭКСПЕДИЦИИ

НОВОЕ О МЕТЕОРИТНЫХ КРАТЕРАХ

Е. Л. КРИНОВ,

доктор геолого-минералогических наук

Метеоритные кратеры — это округлые углубления в грунте поперечником от нескольких метров до десятков километров, образованные падением гигантских метеоритов.

Обычные метеориты в десятки и даже в сотни килограммов при падении на грунт создают лунки, ямы или воронки, сравнимые с образовавшими их метеоритами или несколько превосходящие их по своим размерам. При падении значительно более крупных метеоритов, сохраняющих при уда-

ре о грунт остатки космической скорости, картина усложняется. Так, при скорости падения у поверхности Земли около 500 м/сек размер воронки быстро возрастает с увеличением скорости удара, хотя механизм возникновения воронки качественно не меняется. При значительно большей скорости удара метеорит превращается в сильно сжатый газ вследствие относительно малой силы молекулярного сцепления по сравнению с энергией удара. Сжатый газ быстро расширяется,

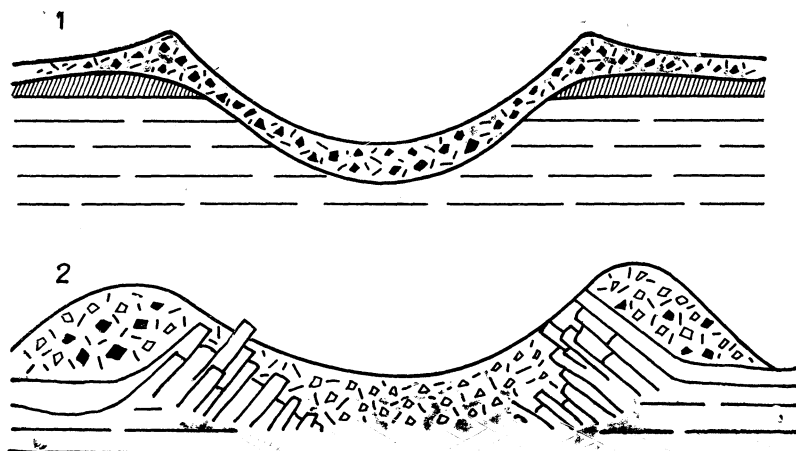
создавая мощную взрывную волну. Для возникновения взрыва необходима скорость удара от 2 до 5 км/сек. При взрыве основная масса метеорита превращается в пар; от метеорита могут остаться лишь незначительные осколки, рассеивающиеся вокруг образовавшегося кратера.

Таким образом, при падении гигантских метеоритов возникают кратеры двух главных типов: ударные и взрывные (рис. 1).

Характерные особенности ударного кратера: относительно небольшие размеры (от восьми — девяти метров до нескольких десятков метров в диаметре), насыпной характер вала вокруг кратера. В кратере находятся метеоритные осколки, образующие вместе с разрыхленным грунтом слой толщиной от десятков сантиметров до одного — двух метров, выстилающий внутренние склоны кратера. В этом слое и вокруг кратера в грунте часто присутствует метеоритная пыль. Иногда на дне или в бортах кратера можно заметить следы удара метеорита.

Характерные признаки взрывного кратера: крупные размеры (от сотни метров до десятков километров в диаметре); пласты коренных скальных пород, при-

Рис. 1. Схематический разрез наземной структуры метеоритного кратера: 1 — ударного; 2 — взрывного



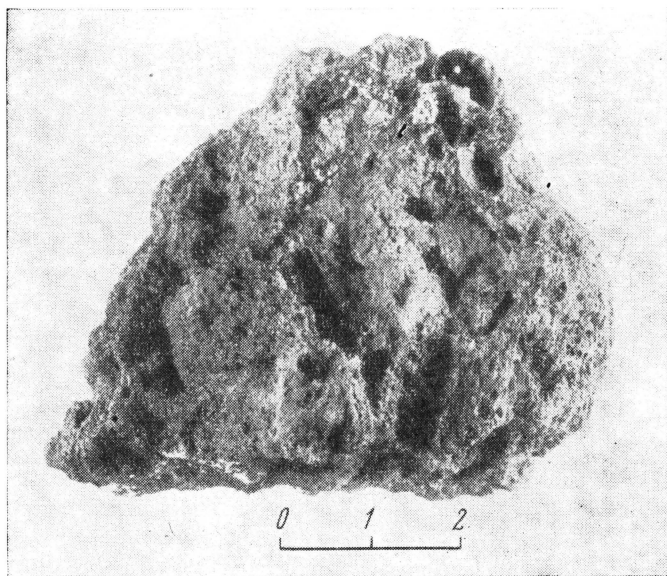


Рис. 2. Кусок импактита из метеоритного кратера Хенбери (Австралия); масштаб указан в сантиметрах

поднятые взрывом в бортах кратера радиально по отношению к его центру; отсутствие в кратере не только главной массы метеорита, но и его осколков. Эти осколки рассеяны вокруг кратера, а в кратере находится каменная мука, т. е. размельченные до тончайшего порошка коренные скальные породы. Кроме того, в зависимости от состава скальных пород, в кратере могут быть переплавленные пузырчато-стекловатые куски (силика-глассы или импактиты, рис. 2).

Во многих местах обнаружены не одиночные кратеры, а группы кратеров. Одновременное образование групп кратеров объясняется падением в каждом отдельном случае гигантского метеоритного дождя.

Метеоритный дождь выпадает

на площади, имеющей эллипсообразную форму. В переднем участке этого эллипса рассеяния (по направлению траектории метеорного тела) выпадают самые крупные экземпляры, а в противоположном — самые мелкие. Такое закономерное распределение мест падения метеоритов объясняется тем, что крупные экземпляры дольше сохраняют космическую скорость и, следовательно, совершают больший путь после дробления до момента потери космической скорости. Поэтому они падают в передней (или головной) части эллипса. Наоборот, более мелкие экземпляры быстрее тормозятся в атмосфере, проделывают меньший путь до момента потери космической скорости и падают, следовательно, в более близкой, тыловой, части эллипса. Обломки промежуточных размеров падают в средней части эллипса (рис. 3).

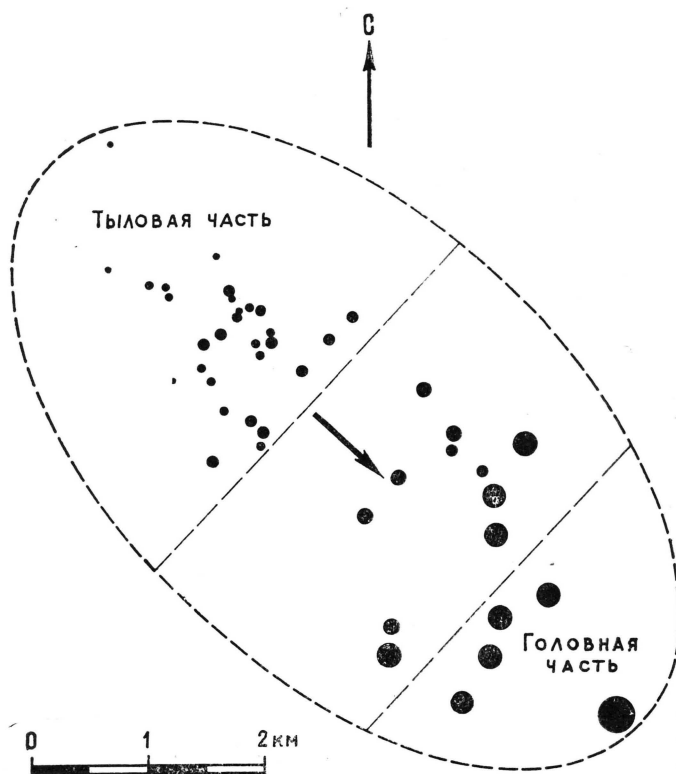


Рис. 3. Эллипс рассеяния каменного метеоритного дождя Крымка, выпавшего в Одесской области 21 января 1946 г.



Рис. 4. Аризонский взрывной метеоритный кратер (диаметр 1265 м, глубина 174 м)

В каждой группе кратеров наибольший (обычно взрывной) кратер фиксирует головную часть эллипса рассеяния, а остальные — ударные, располагаются в том направлении от главного кратера, откуда была направлена траектория метеорного тела. Они занимают среднюю часть эллипса. Еще дальше от наибольшего кратера расположена тыловая часть. Здесь никаких кратеров не наблюдается, так как здесь должны были выпасть наименьшие метеориты. Более крупные из них, вероятно, весили десятки и сотни килограммов и при падении образовали небольшие ямы и воронки. Однако с течением времени в результате денудации эти ямы и воронки исчезли, но самые метеориты в целом виде должны оставаться в грунте на сравнительно небольшой глубине. Такие метеориты (особенно железные) могут быть обнаружены

при помощи каких-либо инструментов, например миноискателей, на что и было указано автором этой статьи несколько лет назад.

Таким образом, при наличии группы кратеров наибольшие (целые) метеориты нужно искать не в кратерах, а в грунте в тыловых частях эллипсов рассеяния.

В 1960 г. американский исследователь Дитц предложил новый термин астроблема (от греческих слов — звезда и рана) для обозначения тех метеоритных кратеров, наземные части которых вследствие денудации уже исчезли и только сохранились определенные подземные структуры, например, конусы сотрясения. Конусы сотрясения образуются в коренной горной породе в результате воздействия взрывной волны, имеют вид сходящихся на конус прямолинейных тонких волокон и часто образуют много-

численные скопления. Углы раствора конусов сотрясения варьируют от 75 до 90° и более, а высота — от сантиметра до десятка метров. Наиболее обычны конусы сотрясения в карбонатных горных породах, но они известны также в глинистых сланцах, песчанике, кварцитах, лавах, граните и т. д. Конусы сотрясения были найдены в Аризонском метеоритном кратере (рис. 4, 5), в подозреваемом метеоритном кратере Босумтви (Ашанти) в Гане и в других местах.

Недавно был установлен еще один новый критерий для определения метеоритного происхождения взрывного кратера или астроблемы. Это — новые модификации кварца — минералы коэсит и стиповерит, образующие микроскопические включения в коренных горных породах и отличающиеся от обыкновенного кварца большей плотностью.

Основные данные о некоторых метеоритных кратерах

Название, местонахождение	Год открытия	Количество	Размеры главных кратеров, в метрах	
			диаметр	глубина
Аризонский, США	1891	1	1265	174
Одесса, США	1921	4	168	5
Кампо дель Сиело, Аргентина	1923	9	115×91	5
Хенбери, Австралия	1931	13	220×110	12—15
Вабар, Саудовская Аравия	1932	2?	100	12
Хэвиланд, США	1933	1	17×11	—
Каали, СССР	1937	9	110	16
Боксхол, Австралия	1937	1	175	16
Далгаранга, Австралия	1938	1	21	3
Сихотэ-Алинский, СССР	1947	24	26	6
Волф-Крик, Австралия	1947	1	853	46
Аулу, Африка	1950	1	250	6

В нашей стране имеются две замечательные группы метеоритных кратеров. Одна из них, образованная в далеком прошлом падением гигантского метеорита, расположена на острове Саарема (Эстонская ССР) и называется Каали. Другая образовалась все-

го только девятнадцать лет тому назад, 12 февраля 1947 г., в результате выпадения гигантского железного метеоритного дождя в западных отрогах Сихотэ-Алиня. Комитет по метеоритам Академии Наук СССР с 1947 по 1950 г. изучал обстановку падения Си-

хотэ-Алинского метеоритного дождя, ежегодно направляя в этот район экспедиции. В результате было установлено, что на площади в 1,6 км² образовалось 24 кратера ударного типа диаметром от 8,5 до 26,5 м. Массы метеоритов, образовавших эти кратеры, от одной до трех тонн. Кроме этих кратеров были обнаружены еще 176 воронок и лунок, меньших по размеру, вплоть до десятков сантиметров в диаметре. В отличие от воронок и лунок, в кратерах не было найдено крупных, хотя бы и обколотых, метеоритов. Они раскололись на многочисленные, в основном мелкие, осколки, которые перемешались с осколками скальных пород и разрыхленным грунтом, образуя слой на внутренних склонах и на дне кратеров. В разрыхленном материале в кратерах с помощью магнита было обнаружено большое количество распыленного метеоритного вещества. Изучение Сихотэ-Алинских метеоритных кратеров позволило получить особенно полные данные о размерах, строении и условиях образования ударных кратеров. Взрывных кратеров на месте падения Сихотэ-Алинского метеоритного дождя не образовалось, так как даже при падении самых

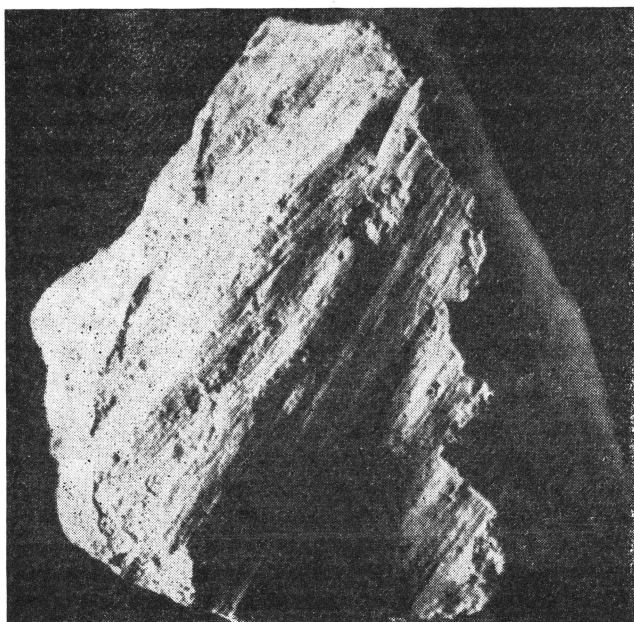


Рис. 5. Осколок конуса сотрясения, образованного в песчанике. Найден в Аризонском метеоритном кратере



Рис. 6. Приподнятые взрывом пласты доломита [коренной горной породы] в борту главного кратера Каали, Эстонская ССР

крупных экземпляров их массы и скорости удара были не столь велики, чтобы вызвать взрыв.

Группа Каали состоит из восьми кратеров. Главный кратер имеет диаметр 110 м и глубину 12 м ниже уровня окружающей местности и 16 м, считая от гребня вала. Вал кратера образован из вздыбленных взрывом метеорита пластов доломита высотой до 9 м (рис. 6). На обоих скло-

нах вала растут ели, клены, липы и другие деревья, а также густые заросли орешника, рябины и т. д. Благодаря этому вокруг совершенно правильного круглого озера, заполнившего кратер, возник живописный парк (рис. 7). Выступающие во многих местах на внутренних склонах наклоненные пласты доломита образуют своеобразные причудливые гроты. Остальные кра-

теры имеют диаметры от 10 до 35 м и глубину от 1 до 4 м. Один из кратеров двойной (он грушеобразной формы).

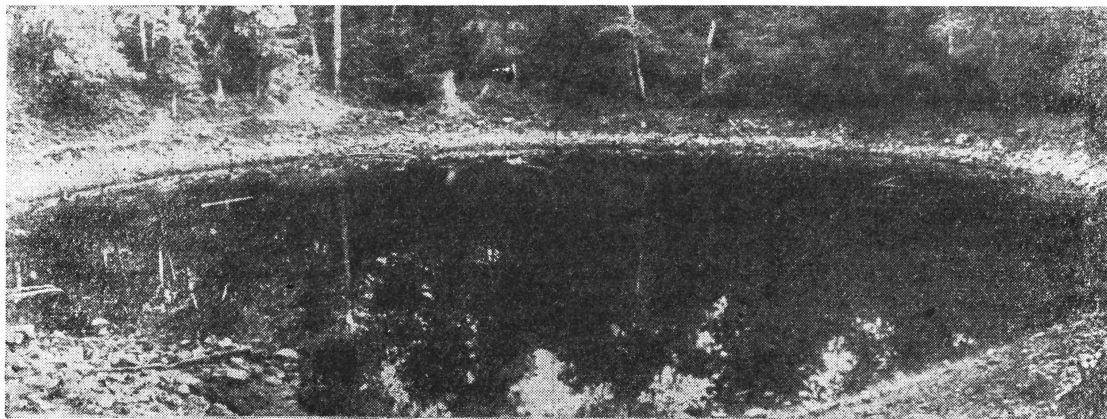
Изучением кратеров Каали с 1927 г. вплоть до смерти (1941 г.) занимался горный инженер И. А. Рейнвальд. В 1937 г. в нескольких кратерах он обнаружил осколки железного метеорита и тем доказал их метеоритное происхождение. С 1956 г. изучает кратеры Каали эстонский геолог А. О. Аалоз, в течение ряда лет продолжавший работы, начатые Рейнвальдом. Были произведены частичные раскопки небольших кратеров и собраны новые мелкие осколки метеорита. Эстонскими геологами углеродным методом определен возраст кратеров Каали, оказавшийся равным 2660 годам.

Группа кратеров Каали объявлена геологическим заказником и принята под охрану государства. Вблизи главного кратера построен павильон-музей (рис. 8), в котором на стендах помещены карты, схемы, увеличенные фотоснимки кратеров, а также осколки метеорита, собранные в кратерах. Ежегодно свыше десяти тысяч туристов посещают метеоритные кратеры Каали и павильон-музей.

В августе 1965 г. в течение месяца изучение кратеров прово-

Рис. 7. Панорама главного кратера Каали, диаметром 110 м и глубиной 16 м

Фото А. О. Аалоз



дила экспедиция Комитета по метеоритам АН СССР под руководством А. О. Аалоз. В экспедиции принимали участие геохимик Института геохимии и аналитической химии АН СССР К. П. Флоренский, автор этой статьи и др. Были продолжены, проводившиеся ранее Рейнваль-

кратера № 5 (диаметр 12 м) были обнаружены внутренние склоны кратера. Они сложены горизонтально лежащими пластами доломита, механически обрубленными метеоритом. На нижней платформе, первоначальном дне кратера, была найдена яма полукруглой формы (диаметром 0,5 м),

рых доказано детальным изучением их строения.

Первым метеоритным кратером на территории Канады, который в 1950 г. был замечен с самолета, а затем изучался наземно геофизическими методами, является Новый Квебекский, или кратер Чаб. В 1955 г. и позднее

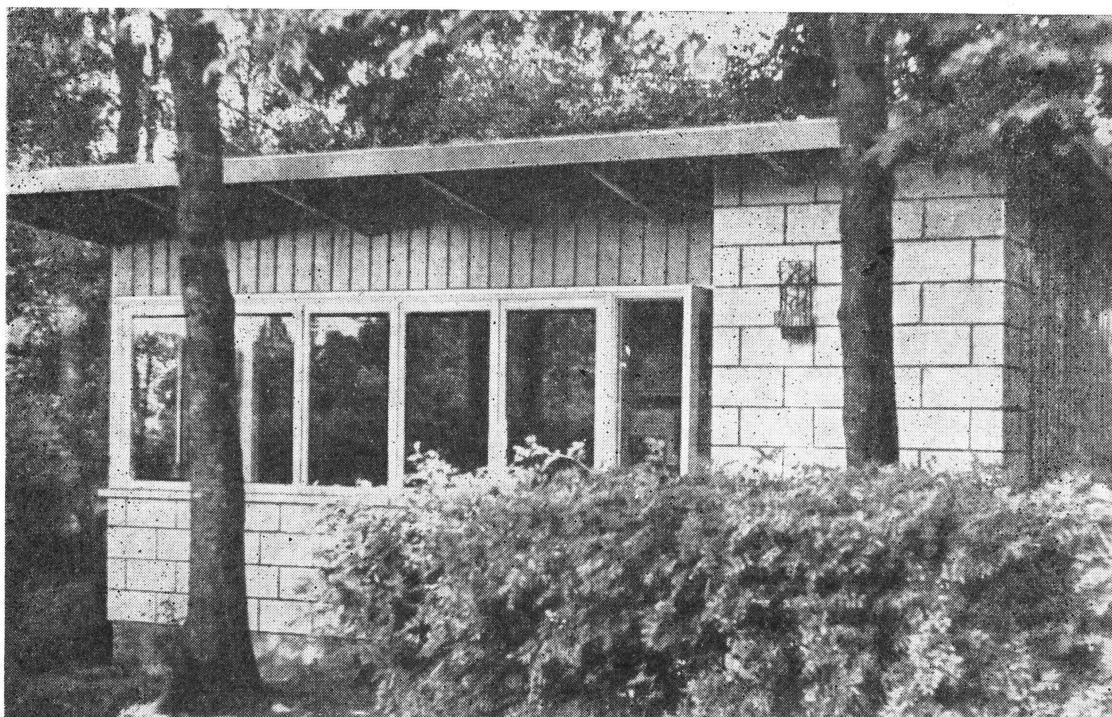


Рис. 8. Павильон-музей вблизи главного кратера Каали

дом и Аалоз, раскопки кратеров, сбор мелких осколков метеорита и распыленного в грунте метеоритного вещества. На внутреннем склоне главного кратера был заложен шурф глубиной 7 м. Здесь были обнаружены осколки конусов сотрясения, каменная мука, следы ожога на пластах доломита, впервые замеченные еще Рейнвальдом. Шурф достиг ненарушенных пластов доломита, т. е. первоначального дна кратера. После полной очистки ударного

выбитая метеоритом. Собранные экспедицией разнообразные научные материалы в настоящее время изучаются в Комитете по метеоритам АН СССР, Институте геохимии и аналитической химии АН СССР и в Институте геологии АН Эстонской ССР.

Обширные исследования метеоритных кратеров проводились в последние полтора десятка лет в Канаде. В результате здесь обнаружено несколько кратеров, метеоритное происхождение кото-

канадскими исследователями было выполнено систематическое изучение около двух миллионов аэрофотоснимков для выявления метеоритных кратеров. Не всегда хорошо заметные при наземном обследовании, эти кратеры становятся четко различимыми на аэрофотоснимках. Поразительный пример — кратер Брент, расположенный в провинции Онтарио. Кратер состоит из трех озер разного размера и неправильной формы, связанных между собой

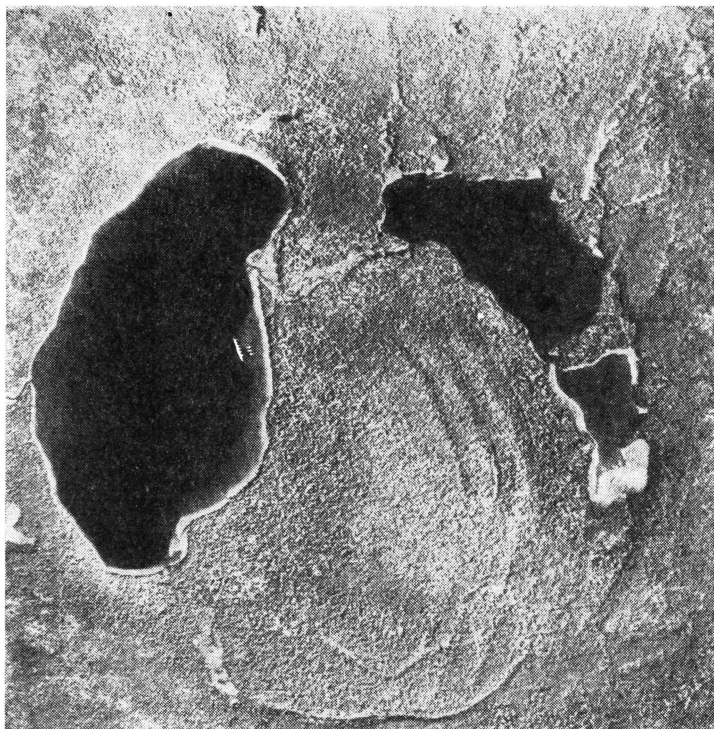


Рис. 9. Аэрофотоснимок метеоритного кратера Брент (Канада) диаметром 3,2 км

протоками. При наземном осмотре никто не заподозрил в этих озерах остатков метеоритного кратера. Когда же был получен аэрофотоснимок, то на нем можно было увидеть вал, соединяющий все три озера и образующий округлый контур кратера диаметром в 3,2 км (рис. 9). С помощью гравиметрии, магнитометрии, сейсмических методов и бурения установили, что под кратером расположена линзовидная брекчия из раздробленных взрывом метеорита коренных скальных пород. Под брекчией породы оказались трещиноватыми (рис. 10). Подобная подземная структура была обнаружена и под другими кратерами. Таким образом, линзовидная брекчия и трещиноватые породы, расположенные под ней, оказались еще одним критерием для выявления

взрывных метеоритных кратеров. Это важнейший результат, полученный в последние годы канадскими исследователями. Применяя этот критерий, удалось найти в Канаде десять метеоритных кратеров. Возраст некоторых из этих кратеров оказался равным сотням миллионов лет.

Канадские исследователи, в частности астроном Билс, высказывают предположение, что и юго-восточная часть Гудзонова залива, восточное побережье которого образует довольно правильную дугу с радиусом около 220 км, была образована падением гигантского метеорита — астероида. Билс обращает также внимание на два близко расположенных друг к другу кратера Кливватер Лейк (западного — 31 м и восточного — 26 м). Он предполагает, что эти кратеры

были образованы падением двух независимых тел, двигавшихся в межпланетном пространстве. По мнению автора этой статьи, метеориты, образовавшие оба кратера, а также, возможно, и юго-восточную часть Гудзонова залива, представляли собой обломки одного и того же метеоритного тела, раздробившегося в атмосфере при движении с космической скоростью. Поэтому можно высказать предположение о том, что к востоку от восточного кратера Кливватер Лейк должна быть расположена тыловая часть эллипса рассеяния, где могут быть обнаружены более мелкие кратеры и, возможно, целые индивидуальные экземпляры метеоритного дождя.

В 1962—1963 гг. были выполнены очень интересные исследования метеоритных кратеров Кампо дель Сиело экспедициями аргентинских и американских ученых под руководством Кассиди. Эти кратеры известны с 1913 г. К 1923 г. здесь было выявлено четыре кратера. Но уже в конце XVI столетия знали о том, что где-то в данном районе найден пятнадцатитонный метеорит. Он вошел в каталоги метеоритов под названием Отумпа. Следующая находка в этом же районе была сделана только в 1803 г. Был найден метеорит весом около 900 кг, а в 1923 г. — метеорит весом свыше 4 т. Позднее здесь же обнаружили еще 8 крупных метеоритов. Экспедиции составили полевую карту кратерного поля, изучили некоторые кратеры, произвели поиски метеоритов с помощью миноискателей и портативного магнитометра, определили глубину рассеяния метеоритов в грунте, проложили траншею через вал одного из кратеров, взяли серию образцов буровых кернов из кратера и его окрестностей. Кроме того, кратерное поле было обследовано с воздуха.

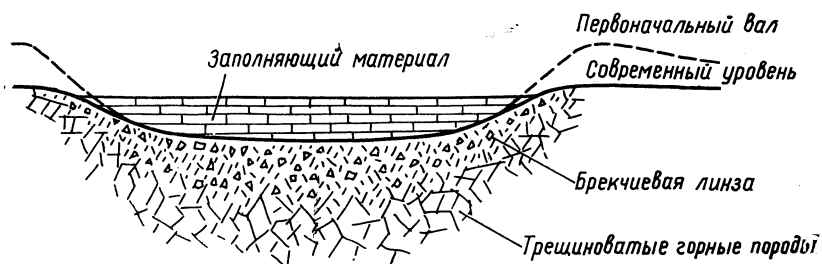


Рис. 10. Подземная структура метеоритного кратера Брент

Удивительная особенность кратерного поля Кампо дель Сиело — линейное расположение всех девяти кратеров, причем крайние кратеры удалены друг от друга на 17,5 км (рис. 11).

Изучение наиболее глубокого кратера показало, что под дном кратера до глубины по крайней мере 15 м ниже современного дна расположена «глинистая брекчия». Тем не менее первоначальное дно кратера, по-видимому, не было достигнуто. Метеоритные осколки удалось собрать на глубинах 4—9 м в центре кратера. Другой шурф был заложен в 10 м от центра, вблизи края современного дна кратера. Здесь следы метеоритного вещества обнаружены на глубинах от 3,1 до 6,6 м. Исследователи пришли к выводу, что первоначальное дно кратера находилось на 9,3 м ниже современного дна и на 13,8 м ниже уровня окружающей местности. Поле рассеяния метеоритов оказалось длиной по крайней мере в 75 км. Интересно отметить, что каменный метеоритный дождь, выпавший в Саратовской области 9 октября 1918 г., рассеялся на протяжении 125 км.

Изучая форму и размеры кратерного поля и поля рассеяния метеоритов в Кампо дель Сиело, исследователи пришли к выводу, что первоначальное метеорное тело вторглось в земную атмосферу под очень малым углом к

горизонтальной поверхности и раздробилось на большой высоте. Собранные метеоритные осколки (всего было найдено более 500 осколков весом от 50 г до 35,7 кг) подверглись значительным разрушениям. Это не позволило исследователям выделить целые экземпляры. Тем не менее по сильной изорванности краев многих мелких образцов они заключили, что эти образцы представляют собой осколки метеоритов, выброшенных из кратеров.

В настоящее время на земной поверхности известен целый ряд

образований, возможно, метеоритного происхождения. Перечислим наиболее интересные из них.

Илуметса (юго-восток Эстонской ССР), два кратера диаметром в 80 и 50 м. Эти кратеры (по Аалоз), вероятно, были образованы падением каменного метеорита.

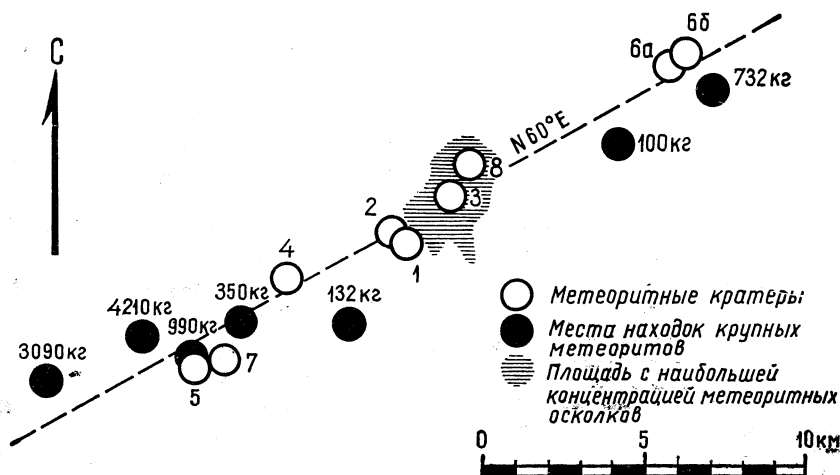
Мургаб (Таджикская ССР), два кратера диаметром в 80 и 16 м.

Чинге (Тувинская автономная область). Здесь в 1912 г. и позднее были найдены осколки железного метеорита с характерными сплюснутыми формами и рваными краями. Поэтому автор подозревает падение в этом месте гигантского кратерообразующего метеорита. В 1963 г. Комитет по метеоритам направил в район находок метеоритных осколков экспедицию, которая никаких надземных следов метеоритных кратеров не обнаружила. Однако не исключено, что геофизические методы исследования позволят обнаружить подземные структуры метеоритных кратеров.

Босумтви (Ашанти, территория Ганы, Африка), кратер диаметром 15 км. Заполнен водой.

Талемзане (Алжир), кратер диаметром 1,7 км. Имеет округлую форму и вал из приподнятых пластов коренных горных

Рис. 11. Кратерное поле метеоритных кратеров Кампо дель Сиело и места находок метеоритов



пород. Найдены конусы сотрясения и коэсит, однако метеоритное вещество пока не обнаружено.

Лонар Лейк (Индия), округлый кратер диаметром 1,83 км, глубиной 175 м с валом высотой около 30 м. Под дном кратера обнаружена линза брекчии.

Рис (Бавария), огромная депрессия диаметром 21—24 км и глубиной всего лишь 50 м; высота вала составляет 100—150 м. Здесь встречаются рассеянные в большом количестве обломки известняка; обнаружены также конусы сотрясения, коэсит и стиповит.

Бредефорт (Трансвааль). Депрессия диаметром 40 км; обнаружены значительные нарушения структуры горных пород и конусы сотрясения.

Познанские кратеры (недалеко от города Познани). Здесь имеется 8 кратеров диаметром от 25 до 62 м, очень похожих на наши кратеры Каали. В районе расположения кратеров были обнаружены еще в 1914 г. и позд-

нее индивидуальные экземпляры железного метеорита Мораско, два из которых весили 61 и 78 кг. Польский исследователь Покршивницкий допускает возможность связи метеорита Мораско с Познанскими кратерами.

В последнее время по наличию отрицательной гравитационной аномалии исследователи заподозрили в Антарктиде кратер, диаметр которого они оценили в 240 км. Он назван «тектитным», так как с ним связывают тектиты, обнаруженные в огромном количестве на всей южной половине Австралии.

Кроме перечисленных, имеется еще несколько десятков образований, которые привлекают к себе внимание исследователей как возможные метеоритные кратеры. Некоторые из них геологи считают криптовулканическими структурами, связанными с вулканизмом. Однако Дитц заменяет этот термин на криптовзрывные

структуры, считая, что это кратеры, имеющие метеоритное происхождение.

Недостаточная изученность всех этих образований пока не позволяет признать их достоверными метеоритными кратерами. Между тем, полное выявление на земной поверхности и детальное изучение метеоритных кратеров имеет очень важное значение для изучения истории формирования земной коры.

В заключение следует сказать, что на территории нашей страны были установлены только две достоверные группы метеоритных кратеров и несколько кратеров возможно метеоритного происхождения. Это слишком мало для территории, которую занимает наша страна. Поэтому нужны дальнейшие поиски новых метеоритных кратеров.



ОБСУЖДАЮТСЯ ПРОБЛЕМЫ КОСМИЧЕСКОЙ МЕДИЦИНЫ

24—27 мая 1966 г. в Москве состоялась вторая Всесоюзная конференция по авиационной и космической медицине, посвященная памяти действительного члена АМН СССР профессора А. Лебединского.

Прошедшие годы были отмечены большими достижениями в области освоения космоса. Вслед за кораблями «Восток» стартовали в космическое пространство многоместные корабли «Восход». Вышел в открытый космос советский космонавт А. Леонов. Осуществлены успешные длительные орбитальные полеты американскими космонавтами. На очереди — межпланетные космические полеты, высадка человека на поверхность Луны.

Поэтому не случайно особенно большое внимание в работе конференции уделялось исследованиям, направленным на обеспечение безопасности длительных

космических полетов. Среди них ведущее место занимают исследования, связанные с защитой космических кораблей от радиационной опасности. При полете к Луне и высадке на ее поверхность на космонавта будет действовать излучение радиационных поясов Земли, галактическое космическое излучение, корпускулярное излучение солнечных вспышек, излучение пород Луны. Расчеты показывают, что наибольшая опасность связана с излучением солнечных вспышек. Пребывание космонавта во время вспышки в радиационном убежище позволит снизить поверхностную дозу на 3—4 порядка.

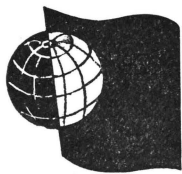
Организация длительных космических полетов — это в значительной мере организация труда и отдыха космонавтов, участвующих в таких полетах. В работе конференции эти вопросы нашли

свое отражение в докладах, посвященных проблеме космических суток, работоспособности человека в своеобразных условиях космоса — невесомости, длительной изоляции, измененной газовой среды, бедности внешних впечатлений, однообразия обстановки и т. д. Были предложены оптимальные варианты режимов жизни для групп, состоящих из нескольких человек, применительно к условиям длительного космического полета.

Ряд докладов был посвящен вопросу о том, как переносит человек длительнодействующие ускорения, перегрузки и другие экстремальные факторы полета на активном участке траектории и участке спуска.

О некоторых итогах медико-биологического эксперимента на искусственном спутнике Земли «Космос-110» рассказал на конференции врач-космонавт Б. Б. Егоров.

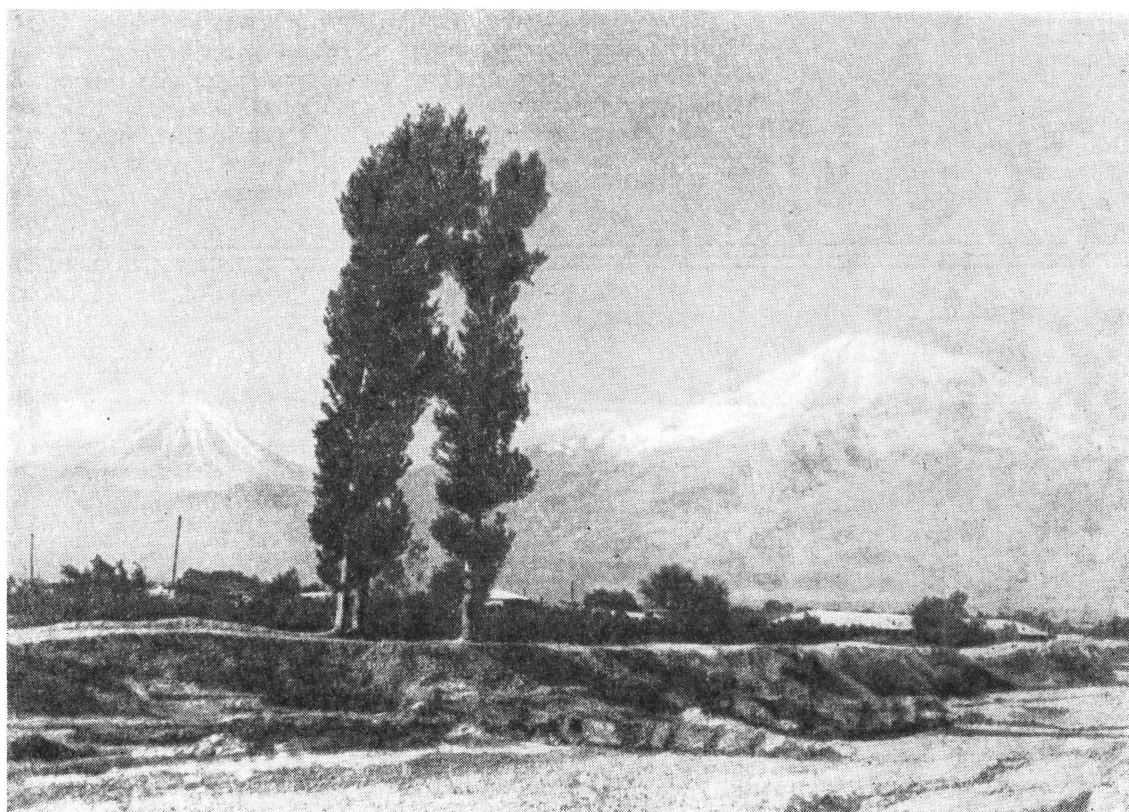
Очередная третья Всесоюзная конференция по авиационной и космической медицине состоится в 1969 г.



**СИМПОЗИУМЫ,
КОНФЕРЕНЦИИ,
СЪЕЗДЫ**

НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ГАЛАКТИКАХ

(29-й симпозиум Международного Астрономического Союза)



Великолепный вид на гигантский снежный конус Арарата открывается из Бюракана, разместившегося у подножья вулкана Арагаца. Здесь, в Бюраканской обсерватории, в мае 1966 г. состоялась встреча крупнейших специалистов по изучению неста-

ционарных явлений в галактиках.

Международный Астрономический Союз принял предложение Армянской Академии наук провести этот симпозиум на обсерватории, где впервые заинтересовались нестационарными явлениями в огромных звездных

системах. Пять лет назад, в Санта-Барбаре состоялся первый симпозиум, посвященный обсуждению смелых и необычных воззрений, выдвинутых советским академиком В. А. Амбарцумяном. Как известно, В. А. Амбарцумян показал, что многие

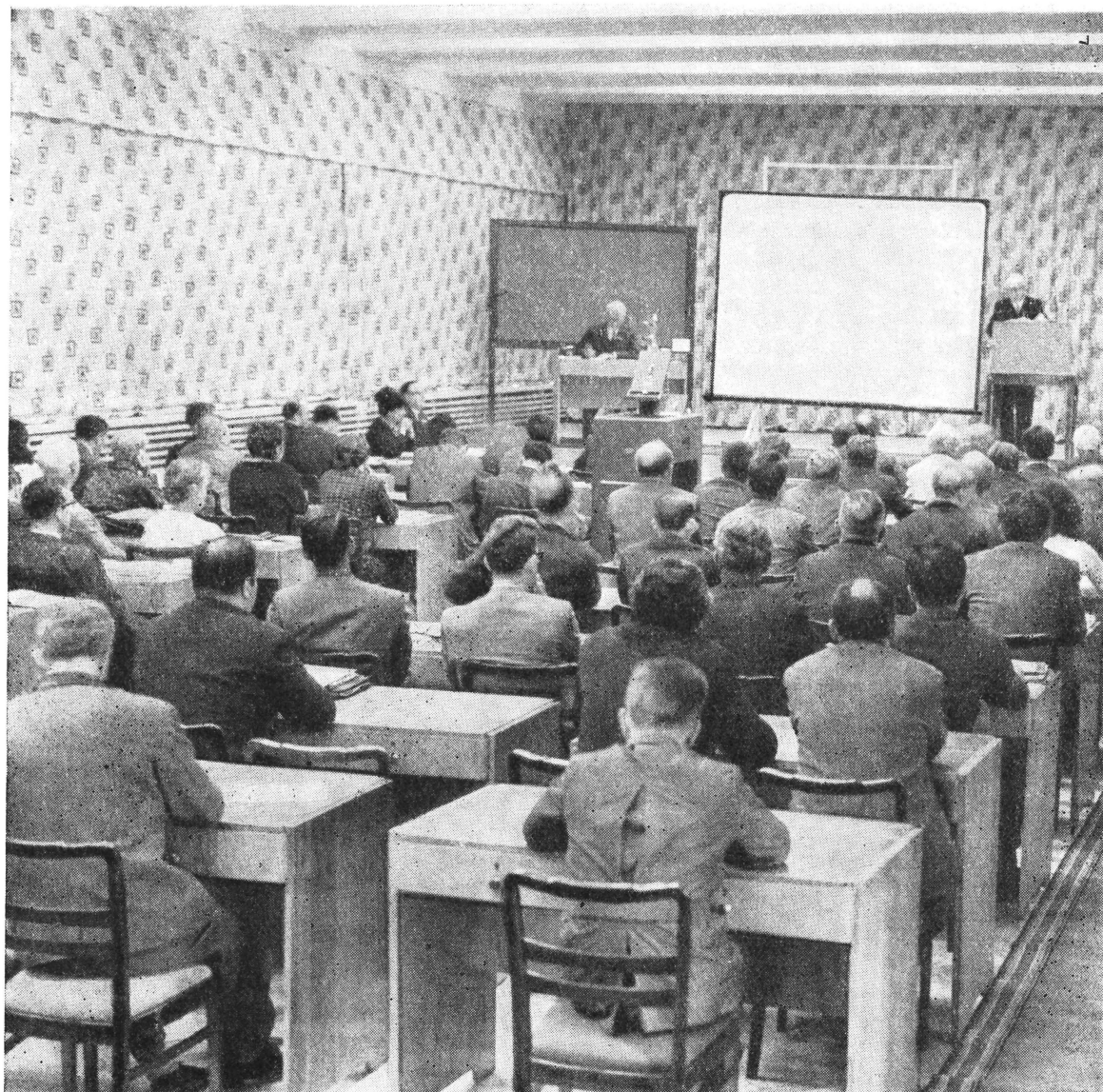
группы галактик слабо связаны тяготением. Такие неустойчивые системы расширяются, их члены относительно быстро расходятся в пространстве. Из этих и некоторых других признаков В. А. Амбарцумян заключил, что ядра галактик должны содержать сверхплотное вещество, в про-

цессе деления которого рождаются новые галактики. В Санта-Барбаре приводились данные наблюдений и расчетов, как подтверждающие эту точку зрения, так и вызывающие сомнение в ее правильности.

С тех пор было сделано много поразительных открытий, сви-

детельствующих о существовании активности ядер галактик и о большом космогоническом значении этой активности, о ее роли в развитии галактик. Были открыты совершенно новые виды галактик: компактные, двойные радиогалактики, а также загадочные квазизвездные радиоисточники и квазизвездные галактики, обнаружившие переменность в оптическом и в радиодиапазонах.

В зале заседаний. Председательствует голландский астроном Я. Оорт. Выступает советский астроном А. Н. Дейч





В перерыве между заседаниями. Слева направо: Я. Оорт, М. Шмидт, Р. Минковский и Е. М. Бербидж

И вот в мае 1966 г. в только что отстроенном прекрасном конференц-зале Бюраканской обсерватории собрались ученые, непосредственно исследующие явления нестационарности в галактиках. На симпозиуме удалось обсудить свыше 50 работ, выполненных во всех частях света. В Бюракан прибыло около 70 советских и 35 зарубежных ученых. Имена многих из них хорошо известны: Я. Оорт из Голландии, открывший вращение Галактики; Р. Минковский из США, отождествивший много радиоисточников с галактиками; Ф. Цвикки, сделавший ряд удивительных открытий; супруги Бербиджи, неутомимые исследователи галактик. Из многочисленных астрономов США, располагающих крупнейшими телескопами, необходимыми для изучения далеких и слабых галактик, добрая половина — наиболее талантливые воспитанники европейских университетов: так, Ф. Цвикки — швейцарец, М. Шмидт — голландец,

Р. Минковский — немец, Г. Бербидж — англичанин.

Молодая наука — радиоастрономия была представлена в основном очень молодыми учеными. Многие из них в 1958 г., когда в Москве происходил X Международный астрономический съезд, были еще студентами...

Из четырех проблем симпозиума первая — «Ядра галактик, их природа и форма активности». Вводный доклад по этой теме сделал президент Академии наук Армянской ССР академик В. А. Амбарцумян.

В докладе приводились размеры и яркость ядер, крайне разнообразных и по относительной яркости и по светимости. Их абсолютные звездные величины заключены в пределах от -5 до -17 (и даже до -20 , как показал автор этого очерка). Известно, что ядра содержат звезды и газ, но ни звезды, ни газ нельзя считать ответственными за кратковременное выделение чу-

довищной энергии (порядка $10^{57} - 10^{60}$ эрг). Поэтому В. А. Амбарцумян допускает присутствие в ядрах массивных тел, динамически автономных внутри своих галактик и имеющих незвездную природу. С наибольшим выделением энергии связаны такие формы активности ядер, как радиовспышки, превращающие галактику в радиогалактику; взрывы с выбросом огромных масс газа (порядка миллионов масс Солнца); выбросы газовых струй и компактных голубых галактик; непрерывное извержение вещества.

Непрерывный спектр ядер иногда частично обусловлен нетепловым, вероятно, синхротронным излучением. Интересно, что большее энергосодержание у малых и оптически слабых ядер.

Пекулярность, т. е. особенность, необычность вида или излучения ядер, как показал в своем докладе автор этого очерка, очень разнообразна. Разнообразны структуры и спектры ядер даже у галактик группы Сейферта. Их спектры характеризуются яркими и крайне широкими линиями излучения. Из восьми видов пекулярных ядер спиральных галактик выделяются горячие «ядерные области», которые наблюдаются у одной трети галактик. Раньше считалось, что ядра состоят из более холодных и старых звезд и имеют шарообразную форму. Однако в состав горячих ядерных областей, имеющих вид кольца или спирали, входят горячие молодые звезды, погруженные в формуацию большего размера — аморфную структуру, состоящую из старых звезд. Открыто около ста изолированных галактик с двумя или тремя ядрами, которые, согласно концепции Амбарцумяна, могут быть начальной формой деления прежнего ядра.

Пять докладов было посвящено спектральному изучению

конкретных галактик Сейферта. Некоторые из них требуют допущения, что в очень малых ядрах этих галактик существуют две зоны. В одной из них плотность водорода больше 10^7 атомов в 1 см^3 и скорость движения достигает $35\,000 \text{ км/сек}$. В другой зоне газ более разрежен — плотность около 10^4 атомов в 1 см^3 и скорости порядка 1000 км/сек . Расположение этих зон еще недостаточно ясно, но несомненно, что из сейфертовских ядер происходит истечение газа или, скорее, «всего лишь» миллионы лет назад был взрыв, выбросивший эти газы. В непрерывном спектре ядер иногда обнаруживается поляризация света, характерная для синхротронного излучения. Это гармонирует с тем, что галактики NGC 1068 и NGC 1275 являются радиогалактиками, которым приписывают синхротронное излучение в радиодиапазоне.

М. Уокер (США) с помощью электронной камеры исследовал в небывало крупном масштабе спектр NGC 1068. В ядре галактики удалось обнаружить облака водорода диаметром около 300 пс. Эти облака движутся с относительными скоростями в 600 км/сек . Масса водородных облаков может достигать 10^7 масс Солнца, причем никакие известные в настоящее время источники энергии не могут сообщить им наблюдаемую кинетическую энергию. Сложные движения в области ядра свидетельствуют о ряде последовательных взрывов.

Я. Оорт рассказал о последних наблюдениях голландских радиоастрономов. Они обнаружили некруговые движения отдельных облаков водорода вблизи центра нашей Галактики и, в том числе, далеко от ее плоскости.

Приятно отметить, что на этом симпозиуме советские ученые представили результаты спек-

тральных наблюдений галактик. Это удалось сделать благодаря строительству в нашей стране крупных телескопов. Б. Е. Маркарян показал слабые галактики с ярким ультрафиолетовым континуумом, возможно нетепловой природы. Фотографии были получены на новом шмидтовском телескопе Бюраканской обсерватории.

Чрезвычайно обширный материал собрал за короткий срок на больших зарубежных радиотелескопах Г. М. Товмасын. Он впервые обнаружил радиоизлучение некоторых видов пересеченных галактик SB. Оптические наблюдения, выполненные Г. М. Товмасыном в Австралии, подтвердили закономерности в характеристиках ядер, наблюдавшихся в Бюракане.

Ф. Цвикки (США) продемонстрировал фотографии неизвестных ранее галактик — пигмеев и гнезда компактных галактик. По мнению Цвикки, существуют чи-

сто газовые галактики, не содержащие звезд.

Обсуждение проблемы «Радиогалактики» открылось вводным докладом Дж. Лекё (Франция). Лекё подсчитал, что не менее 50% радиогалактик — двойные радиоисточники. Размеры их радиоизлучающих областей огромны — 25×15 кпс, а энергия магнитного поля порядка 10^{59} эрг. Лекё отметил, что теория радиогалактик отстает от наблюдений и не объясняет совокупности данных. П. Верон (Франция) нашел общие свойства радиогалактик и КЗР (квазизвездных радиоисточников или квазаров) весьма различными, причем большинство неотожествленных еще радиоисточников является, по-видимому, квазарами. Но Д. Хишен (США) показал, что радиосвойства КЗР как бы «продолжают» свойства радиогалактик. Г. Пальмер (Англия) сообщил об интерферометрических измерениях угловых размеров радиоисточни-

В. А. Амбарцумян, Я. Оорт и Е. М. Бербидж





Американский астрофизик М. Шмидт

ков, почти достигающих точности оптических измерений. Определены диаметры неотожествленных радиоисточников и КЗР — размером до $0'',4$! Это позволяет подсчитать линейные размеры многих из них.

Академик В. Л. Гинзбург проанализировал сравнительные достоинства и недостатки физических

моделей, объясняющих мощное рентгеновское излучение радиогалактик. Возможно, это тормозное излучение очень больших масс газа, нагреваемого космическими лучами.

Особое внимание присутствующих привлекало обсуждение данных наблюдений КЗР и сходных с ними, но не радиоизлу-

чающих объектов. У оптических звездообразных объектов, отождествленных с квазарами, обнаружен избыток излучения в ультрафиолетовых лучах и многочисленные яркие линии в спектре. Но отождествить сами линии очень трудно, потому что их мало и они имеют огромное красное смещение. Знать красное смещение необходимо для того, чтобы определить скорость удаления КЗР и его светимость.

В 1963 г. спектр квазаров впервые удалось расшифровать М. Шмидту (США). Оказалось, что квазары — самые удаленные из известных нам космических объектов, обладающие мощным оптическим и радиоизлучением. Маартен Шмидт, которому принадлежит честь открытия этого нового и загадочного вида небесных объектов, выступил на симпозиуме с вводным докладом. Он отметил, что к середине 1966 г. число открытых квазаров достигло 110, из них у 54 измерены красные смещения. Исследовать эти объекты, имеющие 17—19-ю звездную величину, очень трудно.

Для фотографирования спектров квазаров требуются самые мощные инструменты. Поэтому большой интерес представляли доклады и сообщения ученых, работающих на крупнейших американских обсерваториях. Отчетливые линии поглощения в спектре 3C273, обнаруженные Е. М. Бербидж, позволяют допустить, что в этом объекте, по-видимому, есть что-то вроде звезды или множества звезд.

У самых слабых и далеких квазизвездных радиоисточников отношение красного смещения к нормальной длине волны линии превышает значение $z = 2,1$ (в спектрах видна лаймановская линия водорода L_{α} , обычно расположенная в далекой ультрафиолетовой части спектра). Чтобы определить скорость и расстоя-

ние объекта с таким красным смещением, нужно задаться определенной моделью Вселенной.

Из работы Н. Рихтера (ГДР), подсчитавшего голубые звездные объекты до 20-й звездной величины на снимках, полученных с крупнейшим в мире телескопом системы Шмидта (52 дюйма), следует, что большинство этих объектов — звезды короны нашей Галактики, а не квазизвездные галактики. (Вначале их очень неудачно поспешили назвать «интерлуперами».)

Несколько докладов было посвящено изменениям яркости, спектра и радиоизлучения КЗР. Переменность квазаров вызывает большие трудности в объяснении их природы: быстрые изменения обычно присущи одному телу умеренных размеров, однако наблюдаемая мощность излучения заставляет предполагать, что в огромном объеме находится система множества тел.

В настоящее время еще не существует теории явлений, открытых в последние годы. Одна-



Справа — Ж. Лекё и П. Верон (Франция), А. Т. Моффет (Канада). Слева — М. Шмидт, Менон (Индия) и советский ученый С. Я. Брауде

ко некоторые предложенные идеи заслуживают внимания.

Член-корреспондент АН СССР И. С. Шкловский объясняет переменность квазара 3C345 тем, что при повторных взрывах в ядре

квазара мощный поток космических лучей разогревает окружающий газ, через который тогда прорывается излучение в линиях, появляющихся в спектре.

Академик Я. Б. Зельдович и кандидат физико-математических наук И. Д. Новиков изложили свою теорию ранних стадий расширения Метагалактики как теорию «горячей» космологической модели. Вещество на ранних стадиях развития Метагалактики было распределено равномерно. Только на сравнительно поздней стадии расширения (при средней плотности вещества, примерно в 100 раз больше современной) небольшие флуктуации плотности, растущие со временем, дают начало протозвездам, взрывы которых вызывают появление больших неоднородностей в окружающем веществе. Из этих неоднородностей образуются галактики и скопления галактик. В. Л. Гинзбург и Л. М. Озерной указали на возможность когерентного плазменного излучения в кваза-

Р. Минковский и английский радиоастроном Дж. Шейкешафт





рах. Последний из авторов рассматривает центральные части квазара как «магнитонды» — квазистационарные состояния газового облака. В равновесии такого облака ведущую роль играет магнитное поле. Мощные турбулентные движения и цикличность циркуляции газов, по мнению Л. М. Озерного, могут объяснить переменность излучения квазаров.

На симпозиуме были сделаны попытки объяснить огромное энергетическое излучение квазаров. Если бы квазары находились не на «космологических расстояниях», а ближе к нам, то оценки выделяемой энергии сильно бы уменьшились. Пришлось бы допустить, что огромное красное смещение в спектрах квазаров вызвано колоссальной скоростью выброса их из ядра нашей или одной из ближайших галактик.

Это маловероятно. Еще сомнительнее предположение, будто отклонение световых лучей в поле тяготения галактики, находящейся перед ядром галактики Сейферта, может вызвать кажущееся увеличение интенсивности излучения последней. Маловероятно также, что огромное красное смещение объясняется сильным полем тяготения на поверхности квазаров.

Последняя тема симпозиума была посвящена взаимодействию галактик и явлениям неустойчивости в галактиках. В 1959 г. в Москве издан «Атлас

взаимодействующих галактик»*. Это стимулировало развитие исследований взаимодействующих и пекулярных галактик. За истекшие шесть лет накоплен большой наблюдательный материал, охарактеризованный в вводном докладе автора этих строк. Очень ценен изданный в 1966 г. в США «Атлас пекулярных галактик». Большинство фотографий, содержащихся в этом Атласе, получены С. Арпом на 5-метровом рефлекторе. Выводы Арпа о том, что на свойства галактик

* «Атлас взаимодействующих галактик». Москва, 1959 г.



надо смотреть иначе, чем это делалось до сих пор, вполне совпадают с точкой зрения автора. Из остальных докладов отметим попытку Э. Эльвиус и Г. Альвена (Швеция) рассмотреть начальные фазы возникновения Метагалактики с привлечением

представлений о наличии больших масс антивещества...

Симпозиум выявил огромный поток работ по изучению нестационарных процессов в галактиках, указал новые направления исследования, подтвердил большинство пионерских концепций.

Участники остались крайне довольны ходом симпозиума и его организацией. В этом большая заслуга Армянской Академии наук и астрономов Бюраканской обсерватории.

Б. А. ВОРОНЦОВ-ВЕЛЬЯМИНОВ, профессор

НОВЫЙ АСТРОФИЗИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

В Москве еженедельно проходит множество семинаров по самым различным вопросам. На нескольких из них, например на семинаре, руководимом академиком В. Л. Гинзбургом в ФИАНе на коллоквиуме радиоастрономов под руководством член-корреспондента АН СССР И. С. Шкловского в ГАИШе нередко ставятся доклады по астрофизике. Число людей, которые занимаются и интересуются вопросами астрофизики, с каждым годом растет. Количество статей по астрофизике, еженедельно появляющихся в мировой печати, исчисляется несколькими десятками. Такой поток информации уже трудно освоить в одиночку. Этим в значительной степени объясняется возникновение все новых семинаров, а отсюда, неизбежное их «укрупнение».

В апреле этого года в конференц-зале ГАИШа состоялось первое заседание Объединенного астрофизического семинара. Руководители семинара — Я. Б. Зельдович, В. Л. Гинзбург и И. С. Шкловский.

Какие же вопросы обсуждались на первых заседаниях семинара (апрель — июнь)? В докладе А. Г. Дорошкевича, Я. Б. Зельдовича и И. Д. Новикова «Образование галактик в расширяющейся Вселенной» делались попытки построить логически непротиворечивую картину образования первичных сгущений, а затем и отдельных объектов — квазаров, скоплений галактик и отдельных галактик из расширяющегося вещества Вселенной. Интересно, что образование структурных форм шло на поздней стадии эволюции Вселенной. И уже на расстояниях, соответствующих величине красного смещения $z = 5 \div 10$ (сейчас наблюдают объекты с $z=2$), должно наблюдаться образование прото звезд и квазаров. Процессам на ранних стадиях расширения Вселенной был посвящен доклад Я. Б. Зельдовича и И. Д. Новикова.

С. Б. Пикельнер рассказал о структуре межзвездных облаков и физических условиях в них. В этой работе рассматривалось влияние магнитных полей на эволюцию межзвездных облаков разной массы. Оказалось, что судьба облаков с массой в несколько солнечных и в несколь-

ко десятков солнечных масс различна.

Из других выступлений отметим доклады И. М. Гордона «О свойствах плазмы в Крабовидной туманности», Г. Т. Зацепина и В. А. Кузьмина «Завал энергетического спектра космических лучей при взаимодействии с реликтовым излучением».

На заседаниях семинара предполагается регулярно освещать съезды, симпозиумы, конференции по вопросам астрофизики. Так, И. С. Шкловский и Н. С. Кардашов, делегаты 29 симпозиума МАС по нестационарным явлениям в галактиках, рассказали о наиболее интересных проблемах, обсуждавшихся там, о встречах и беседах с крупнейшими зарубежными астрофизиками.

Таким образом, тематика семинара достаточно широка: от общих вопросов космологии до обсуждения конкретных экспериментальных данных, относящихся к отдельным объектам. Надеемся, что именно в таком единстве «большой» теории и экспериментальных данных по узловым направлениям развития астрофизики залог успешной работы семинара.

Б. КОМБЕРГ

• • •

ФОРМА НЕПРАВИЛЬНЫХ ГАЛАКТИК

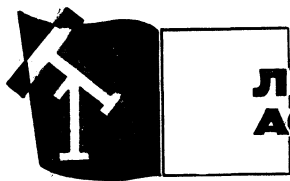
Большинство галактик обладает осевой симметрией, и их форму легко установить по фототрафиям.

Однако существуют неправильные галактики, которые выглядят как бесформенные образования с неровными краями.

Недавно проведенная статистика видимых очертаний более 130 галактик такого типа показала, что неправильные галактики очень сильно сплюснуты. Их толщина составляет $1/5 - 2/5$

части от диаметра. Этот результат согласуется с наблюдениями, свидетельствующими о большой скорости вращения неправильных галактик.

«Publication of the Astronomical Society of the Pacific», 78, 1966, 79.



ПРИБЛИЖЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАЗЫ ЛУНЫ

Мы предлагаем читателю простой способ определения «возраста» Луны, т. е. числа суток, прошедших от новолуния.

Как известно, продолжительность среднего синодического лунного месяца (периода смены лунных фаз) равна 29,5306 средних солнечных суток (приблизительно 29,5 суток), поэтому «возраст» Луны при различных фазах можно принять следующим:

Фаза Луны	«Возраст»
Новолуние	0 суток
Первая четверть	7 »
Полнолуние	15 »
Последняя четверть	22 »

Известно, что тропический год содержит 365,2422 суток, а лунный год, т. е. 12 синодических месяцев, 354,3674 суток. Разница между ними составляет 10,875 суток, т. е. почти 11 суток.

Еще древнегреческий ученый Метон, живший в V веке до н. э., нашел, что фазы Луны повторяются через каждые 19 лет, приходясь на те же числа в году. Этот интервал почти в точности равен 235 лунным месяцам. В самом деле, найдем число суток в 19 тропических годах: $365,2422 \times 19 = 6939,6018$ суток, а число суток в 235 лунных месяцах: $29,5306 \times 235 = 6939,6916$ суток.

Следовательно, разница составляет всего 0,0892 суток или 2,14 часа. Фазы Луны будут повторяться в той же последовательности через каждые 19 лет, однако разница будет постепенно накапливаться и приблизительно через 200 лет достигнет уже целых суток. Поэтому если, например, 1 января 1960 г. «возраст» Луны был 2 суток, то через 11 циклов по 19 лет ($11 \times 19 = 209$), т. е. 1 января 2169 г. он будет меньше на 1 сутки. Напротив, 209 лет назад, т. е. 1 января 1751 г., «возраст» Луны был на 1 сутки больше, достигая 3 суток.

Поскольку точность определения «возраста» Луны составляет примерно 1 сутки (этого вполне

достаточно для практических целей), то накопление указанной ошибки в пределах ± 200 лет можно не принимать во внимание. Только при больших интервалах времени нужно вводить дополнительную поправку.

При определении «возраста» Луны для любой даты нужно знать ее «возраст» 30 ноября каждого года. Условимся обозначать последнее число каждого месяца, как это часто делают астрономы, нулевым числом последующего месяца. Например, 30 ноября равнозначно 0 декабря. Обозначим «возраст» Луны 30 ноября (0 декабря) через B_0 . Это число будет постоянной величиной для всего следующего года. Например, для определения постоянного числа B_0 для 1963 года найдем по календарю «возраст» Луны 30 ноября 1962 года. В календаре за 1962 год указано, что 27 ноября Луна находилась в фазе новолуния, следовательно, через 3 дня, т. е. 30 ноября, ее «возраст» был равен 3 суткам. Таким образом, для всего 1963 года $B_0 = 3$. Однако постоянное число для каждого года можно установить, как это будет показано дальше, и не пользуясь календарем.

Лунный год, т. е. 12 синодических месяцев, равен 354,3674 суток, значит, он на 10,875 суток короче тропического. Поэтому «возраст» Луны за год увеличивается на 10,875 суток, а за месяц, он в среднем увеличится на $10,875 : 12 = 0,90625$ суток. На этом основании можно принять что по истечении месяца «возраст» Луны увеличится на 1 сутки. Тогда, если для даты 0 декабря (т. е. 30 ноября) «возраст» был B_0 суток, то через месяц, 0 января, он будет $B_0 + 1$ суток, а к 0 февраля — $B_0 + 2$ суток и т. д. Поэтому если M есть порядковое число месяца (для января $M = 1$, для февраля $M = 2$ и т. д.), то для нулевого числа каждого месяца «возраст» Луны будет

$$B = B_0 + M.$$

Теперь видно, что постоянным числом B_0 для данного года избран «возраст» Луны 30 ноября

предыдущего года именно для того, чтобы M в приведенной формуле являлось порядковым числом месяца.

Очевидно, что за 1 день «возраст» Луны увеличивается на 1 сутки. Следовательно, для даты D «возраст» с начала месяца будет на D суток больше, т. е.

$$B = B_0 + M + D.$$

Эта формула является основной при определении приближенного возраста Луны.

Отсюда, зная постоянное число B_0 для данного года, легко найти «возраст» Луны B для даты D в порядковом месяце M . Если при суммировании получится число, большее 30, то нужно отбросить 30 (или 60), при этом остаток даст «возраст» Луны.

Таким образом, для определения «возраста» Луны нужно знать B_0 для любого года. Для этого достаточно найти эту величину по календарю для какого-нибудь года (у нас для 1963 г.), а затем по основной формуле вычислить «возраст» 30 ноября, который явится постоянной величиной B_0 для следующего года. Для 30 ноября

$$B = B_0 + 11 + 30 = B_0 + 11.$$

Следовательно, B_0 для каждого следующего года увеличивается на 11 суток.

Теперь, зная, например B_0 в 1963 г., нетрудно составить табличку значений B_0 для следующих лет:

Годы: 1963 1964 1965 1966 1967
 B_0 : 3 14 25 6 17 и т. д.

Определим для примера «возраст» Луны во время максимума потока Персеид 12 августа в 1965 и 1966 гг.

Для 1965 г.: $B = 25 + 8 + 12 = 45$ («возраст» 15 суток, полнолуние)

Для 1966 г.: $B = 6 + 8 + 12 = 26$ (фаза за 4 суток до новолуния)

Покажем еще, как определить B_0 для отдаленной эпохи. Так как фазы Луны повторяются через 19 лет (например, днями полнолуния являются 5 февраля 1947 г., 5 февраля 1966 г., 5 февраля 1985 г.), то повторяются и постоянные числа B_0 . Учитывая, что в цикле Метона 19 лет, и что все они при делении на 19 дают в остатке одно из чисел: 0, 1, 2, ..., 18, можно каждому году в цикле приписать номер, равный остатку от деления его на 19, а затем для каждого номера в цикле найти соответствующее значение B_0 .

В современном цикле нулевым годом, т. е. имеющим номер 0, является 1957 г. (1957 делится без остатка на 19), для него по календарю находим значение $B_0 = 27$, отсюда без труда получаются постоянные числа для всех годов в цикле:

Номер года в цикле 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
 B_0 27 8 19 0 11 22 3 14 25 6

Номер года в цикле 10 11 12 13 14 15 16 17 18
 B_0 17 28 9 20 2 13 24 5 16

Все расчеты для определения «возраста» Луны проводятся по основной нашей формуле. Только в том случае, если нас интересует «возраст» Луны для эпохи, удаленной от современной больше чем на 200 лет, приходится вводить дополнительную поправку в 1 сутки за каждые 200 лет. Для предыдущих столетий эта поправка положительна, а для последующих — отрицательна.

Проверим, действительно ли, как утверждается в летописи, 12 октября 1605 г. было затмение Солнца. (Луна должна была находиться в новолунии.)

Здесь при расчете по основной формуле требуется дополнительная поправка в 2 суток, так как указанный год отстоит от современной эпохи почти на 400 лет. Разделив 1605 на 19, находим номер года в цикле — 9, ему соответствует $B_0 = 6$. Поэтому:

$$B = 6 + 10 + 12 + 2 = 30 \text{ (Луна действительно была в новолунии).}$$

Другой пример. Известно, что ближайшее полное затмение Солнца в Москве произойдет 16 октября 2126 г. Убедимся, что в этот день Луна будет в новолунии. Разделив данный год на 19, получим остаток, а значит, и номер года в цикле, равный 17, для которого $B_0 = 5$, дополнительная поправка — 1 сутки. Следовательно,

$$B = 5 + 10 + 16 - 1 = 30 \text{ (Луна — в новолунии).}$$

Таким образом, предлагаемый способ дает возможность легко определить «возраст» Луны для любой даты в любом году.

Чаще всего приходится определять «возраст» Луны для какой-либо даты в текущем году. Поэтому достаточно запомнить постоянное число для данного года, например, число 6 для 1966 года, и по нашей формуле найти «возраст» Луны для любой даты в этом году.

Д. В. ПЯСКОВСКИЙ,
 профессор



Верно ли, что раньше в Новосибирске на одном берегу Оби время считали по 5-му часовому поясу, а на другом — по 6-му?

(Ответ на стр. 96)

Самодельные окуляры для телескопов

В помощь любителям, строящим самодельные телескопы. Беседа 5

От качества и правильного выбора системы окуляра зависит, насколько полно будут использованы все оптические характеристики главного зеркала, на изготовление которого затрачено немало труда. Простейшим окуляром может служить одиночная плосковыпуклая линза. В астрономической оптике обычно применяются более сложные, многолинзовые окуляры.

Минимальное (равнозрачковое) увеличение телескопа определяется отношением диаметра объектива (главного зеркала) к диаметру зрачка глаза наблюдателя. Так, при диаметре главного зеркала (D) равно 100 мм и зрачка (Φ) 6 мм, увеличение (n) равно:

$$n = \frac{D}{\Phi} = \frac{100}{6} \approx 17.$$

При фокусном расстоянии главного зеркала в 1000 мм требуется окуляр с фокусным расстоянием:

$$F_{\text{окуляра}} = \frac{F_{\text{объектива}}}{n} = \frac{1000}{17} \approx 60 \text{ мм.}$$

Практически же приходится использовать окуляр с фокусным расстоянием около 40 мм. При этом достигается увеличение в 25 раз, а поле зрения телескопа будет около $1^\circ 5'$. Такой окуляр применяется при наблюдении слабых протяженных объектов, для общего обзора участка неба или Луны, для наблюдения звездных скоплений, туманностей и комет.

Практически максимальное увеличение телескопа (при безупречном главном и вспомогательном зеркалах и наилучших атмосферных условиях) численно равно удвоенной величине диаметра объектива или главного зеркала, выраженной в миллиметрах. Большее увеличение не покажет новых деталей объекта, а яркость его станет быстро падать. В нашем случае максимальное увеличение ($2D$) будет 200. С таким увеличением можно наблюдать яркие планеты и детали на них, отдельные участки Луны, двойные и кратные звездные системы.

При фокусном расстоянии главного зеркала 1000 мм фокусное расстояние окуляра окажется:

$$F_{\text{окуляра}} = \frac{1000}{200} = 5 \text{ мм.}$$

Самому собрать такой окуляр довольно трудно, хотя и возможно.

Необходимо также иметь один-два окуляра, дающие увеличения в $50-60\times$ и $120-150\times$ (соответствующие фокусные расстояния 15—18 мм и 7—8 мм). Любители могут собрать и многолинзовые окуляры. Данные о рекомендуемых системах приведены в таблице.*

В сложных окулярах первая линза или клееная система называется полевой, а вторая — глазной. (Порядок следования компонент по ходу лучей от объектива к глазу наблюдателя.)

Эквивалентный (общий) фокус сложного окуляра вычисляется по формуле:

$$F_{\text{эkv}} = \frac{F_1 F_2}{(F_1 + F_2) - d} \text{ мм,}$$

F_1 — фокусное расстояние первой компоненты, F_2 — фокусное расстояние второй компоненты, d — расстояние между компонентами. В дальнейшем будем также использовать следующие обозначения: b — расстояние от первой компоненты до диафрагмы; DD — диаметр диафрагмы; P — расстояние оптимального положения глаза наблюдателя (выходного зрачка окуляра).

На фабричных окулярах и лупах бывает обозначена кратность, например $10\times$ т. е. десятикратный. Кратность окуляра или лупы определяется как

$$\frac{250}{F_{\text{эkv}}} \quad (250 — \text{расстояние ясного зрения, мм}).$$

Рассмотрим два примера расчета окуляров.

Пример 1. Необходим средний окуляр с эквивалентным фокусным расстоянием 20 мм (или $12,5\times$) и с большим полем зрения. По условиям более всего подходит окуляр системы Кельнера (см. таблицу). И пользуясь ею, найдем:

Фокусное расстояние первой компоненты:

$$F_1 = 1,75 F_{\text{эkv}} = 1,75 \cdot 20 = 35 \text{ мм.}$$

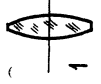
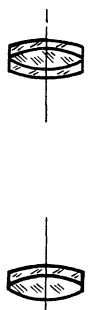
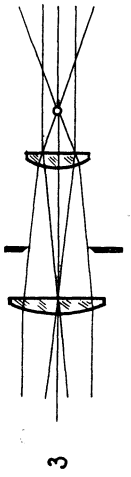
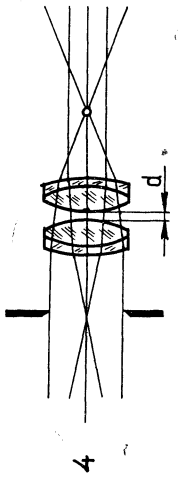
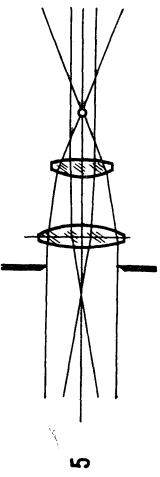
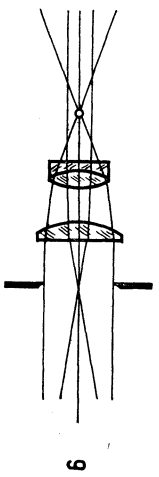
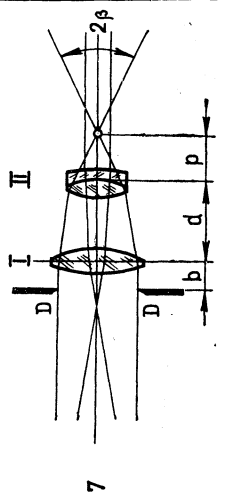
Фокусное расстояние второй компоненты:

$$F_2 = 1,33 F_{\text{эkv}} = 1,33 \cdot 20 = 27 \text{ мм.}$$

Расстояние между компонентами:

$$d = 0,75 F_{\text{эkv}} = 0,75 \cdot 20 = 15 \text{ мм.}$$

* Отклонения указанных коэффициентов, а равно и фокусных расстояний компонент до $\pm 10\%$, существенно не влияет на работу окуляра.

Тип окуляра и его компоненты	Схема окуляра]	Назначение	Величина полезного поля зре- ния (в градусах)	$\frac{F_1}{F_{\text{экв}}}$	$\frac{F_2}{F_{\text{экв}}}$	$\frac{d}{F_{\text{экв}}}$	$\frac{b}{F_{\text{экв}}}$	$\frac{DD}{F_{\text{экв}}}$	$\frac{P}{F_{\text{экв}}}$
1. Одиночные линзы		Слабый окуляр	6—8	—	—	—	—	0,1	1
2. Клеевая ахроматизированная система: двойная (дуплет); тройная (триплет)		Слабый и средний окуляр	10—12	—	—	—	—	0,2	0,8
3. Система Гюйгенса: 1 — плосковыпуклая линза; 2 — то же		»	25—30	2	3	1	—	0,25	0,25
4. Симметричная система: 1 — ахроматизированный дуплет; 2 — то же		»	30—40	0,4	1	0,5	—	0,35	0,7—0,8
5. Система Кельнера (упрощенная схема): 1 — двояковыпуклая линза; 2 — то же		Средний и сильный окуляр	35—45	1,75	1,33	0,75	0,15	0,35	0,3
6. «Японская система»: 1 — плоско-выпуклая линза; 2 — ахроматизированный дуплет		Сильный окуляр	40—45	1,5	2,0	0,5	0,3	0,5	0,45
7. Система Кельнера: 1 — двояковыпуклая или плосковыпуклая линза; 2 — ахроматизированный дуплет		Слабый и средний окуляр	45—55 до 60	1,75	1,33	0,75	0,15	0,6	0,3

Расстояние от первой компоненты до диафрагмы:

$$b = 0,15F_{\text{ЭКВ}} = 0,15 \cdot 20 \approx 3 \text{ мм.}$$

Диаметр диафрагмы:

$$DD = 0,6F_{\text{ЭКВ}} = 0,6 \cdot 20 = 12 \text{ мм.}$$

Расстояние выходного зрачка:

$$P = 0,3F_{\text{ЭКВ}} = 0,3 \cdot 20 = 6 \text{ мм.}$$

Пример 2. Имеется ахроматизированная клееная пара линз с фокусным расстоянием 16 мм. Нужно рассчитать и собрать наиболее сильный окуляр. Выбираем «Японскую систему» (см. таблицу). Эта система встречается в некоторых оптических приборах японского производства. Она

сравнительно проста и дает хорошие результаты в самодельном окуляре.

Используем эту пару в качестве второй компоненты. Тогда:

$$F_{\text{ЭКВ}} = \frac{F_2}{2} = \frac{16}{2} = 8 \text{ мм,}$$

$$F_1 = 1,5F_{\text{ЭКВ}} = 1,5 \cdot 8 = 12 \text{ мм,}$$

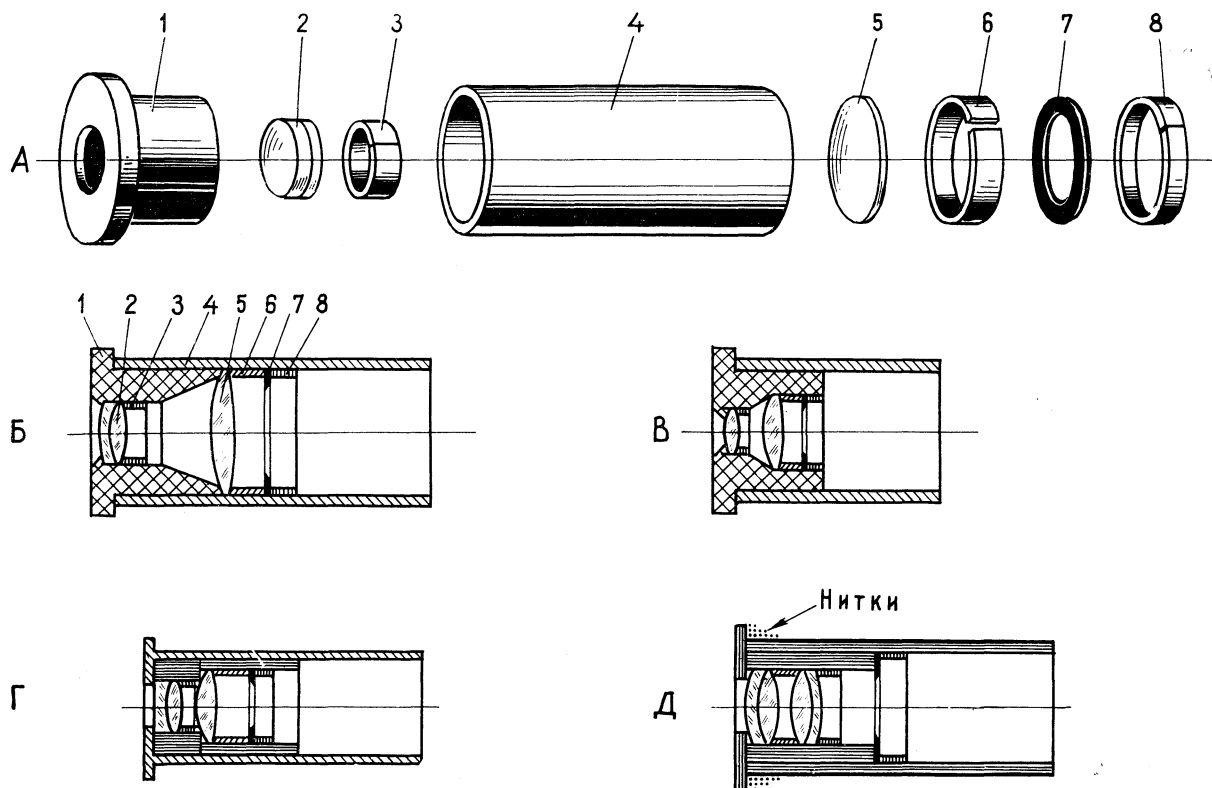
$$d_1 = 0,5F_{\text{ЭКВ}} = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ мм,}$$

$$b = 0,3F_{\text{ЭКВ}} = 0,3 \cdot 8 = 2,5 \text{ мм,}$$

$$DD = 0,5F_{\text{ЭКВ}} = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ мм,}$$

$$P = 0,45F_{\text{ЭКВ}} = 0,45 \cdot 8 \approx 3,6 \text{ мм.}$$

При самостоятельной сборке окуляров следует запастись набором отдельных линз и клееных



А — Детали в порядок сборки окуляра «насыпным» способом. 1 — выточенная шайба; 2 — глазная линза [компонента II]; 3 — прижимное колечко; 4 — посадочная трубка; 5 — полевая линза [компонента I]; 6 — фиксирующее распорное кольцо свободного вкладывания; 7 — диафрагма; 8 — прижимное кольцо.

Б — Окуляр в собранном виде. [Слабый окуляр системы Кельнера.]

В — Сильный окуляр системы Кельнера по упрощенной схеме с установкой всех элементов в выточенной шайбе.

Г — Сильный окуляр «японской» системы, собранный в охотничьей гильзе от патрона. Габаритные вкладыи склеены из полоски плотной бумаги или картона.

Д — Средний окуляр симметричной системы, собранный целиком в трубке, склеенной из бумаги или картона

пар. Можно использовать компоненты объективов микроскопов, продающихся в магазинах «Мед-оборудование». Удобны, например, такие объективы микроскопов: 8- или 10-кратный, состоящий из двух ахроматизированных клееных пар $F = 20$ —25 мм и $F = 12$ —14 мм; 40-кратный, содержащий пары $F = 11$ мм и $F = 7$ мм (третья маленькая, «капельная» линзочка этого объектива непригодна для использования). Из их компонент можно собрать четыре хороших окуляра, подобрав к ним другие компоненты. Объективы от микроскопа могут также служить непосредственно окуляром, но полезное поле зрения будет маленьким.

Временно можно использовать в качестве окуляра и объектив малоформатной фото- и кинокамеры.

От аккуратности и точности сборки окуляров во многом зависит их качество. Поэтому весьма желательно использовать при изготовлении деталей окуляров станки станций юных техников, школьных мастерских и т. п.

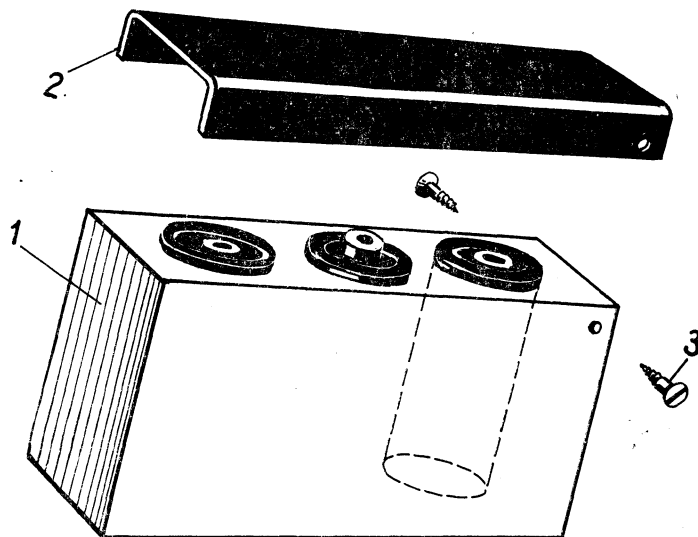
Для выполнения соосности и параллельности расположения компонент необходимо запастись несколькими одинаковыми по диаметру трубочками из дюралюминия, латуни или, в крайнем случае, из плотного картона. Внешний диаметр 23 мм, а длина — от 35—40 до 60—70 мм.

Перед установкой линз на свои места поверхности их необходимо очистить от пыли и грязи мягкой отстиранной тряпочкой (или беличьей кисточкой), смоченной в чистом спирте или бензине. Иногда бывает достаточно перед протиркой осторожно подышать на стекло.

Все внутренние поверхности — распорные вставки, диафрагмы и колечки — надо покрасить специальным черным лаком, обычной черной краской или черной нитроэмалью с добавлением порошкообразной сажи.

Из различных систем сборки и монтажа окуляров для любителя подойдет вкладышная или «насыпная» система, в которой все компоненты окуляра (линзы или клееные системы, распорные вкладыши, диафрагма) устанавливаются в определенном порядке в заранее выточенную широкую многоступенчатую шайбу (из эбонита, дерева или металла). Затем они окончательно закрепляются распорным колечком, сделанным из полоски металла.

Чтобы проверить точность сборки, окуляр помещают на ровную поверхность под расположен-



Укладочный ящик для хранения окуляров:
1 — колодочка с гнездами для окуляров; 2 — металлическая крышка; 3 — шурупчики для закрепления крышки

ной над головой лампой и начинают медленно вращать, наблюдая отражение нити лампы на поверхности линз. Если элементы собраны достаточно точно, то блики от лампы не будут описывать заметных круговых траекторий. Если же блики «гуляют», необходимо вновь повторить установку линз и элементов, проверив тщательность всех изготовленных элементов окуляра.

Для удобства наблюдения обращенная к наблюдателю часть окуляра делается в виде расширенного бортика — флянца (диаметром несколько большим, чем диаметр посадочной трубки окуляра). При изготовлении всех элементов из картона можно просто на глазном конце трубок намотать валик из толстых ниток, промазав его затем лаком или клеем.

Готовые окуляры надо оберегать от повреждений, периодически чистить и хранить в специальном укладочном ящике.

А. Н. ПОДТЯПОЛЬСКИЙ

ЗВЕЗДНОЕ НЕБО И ПЛАНЕТЫ В НОЯБРЕ — ДЕКАБРЕ 1966 ГОДА

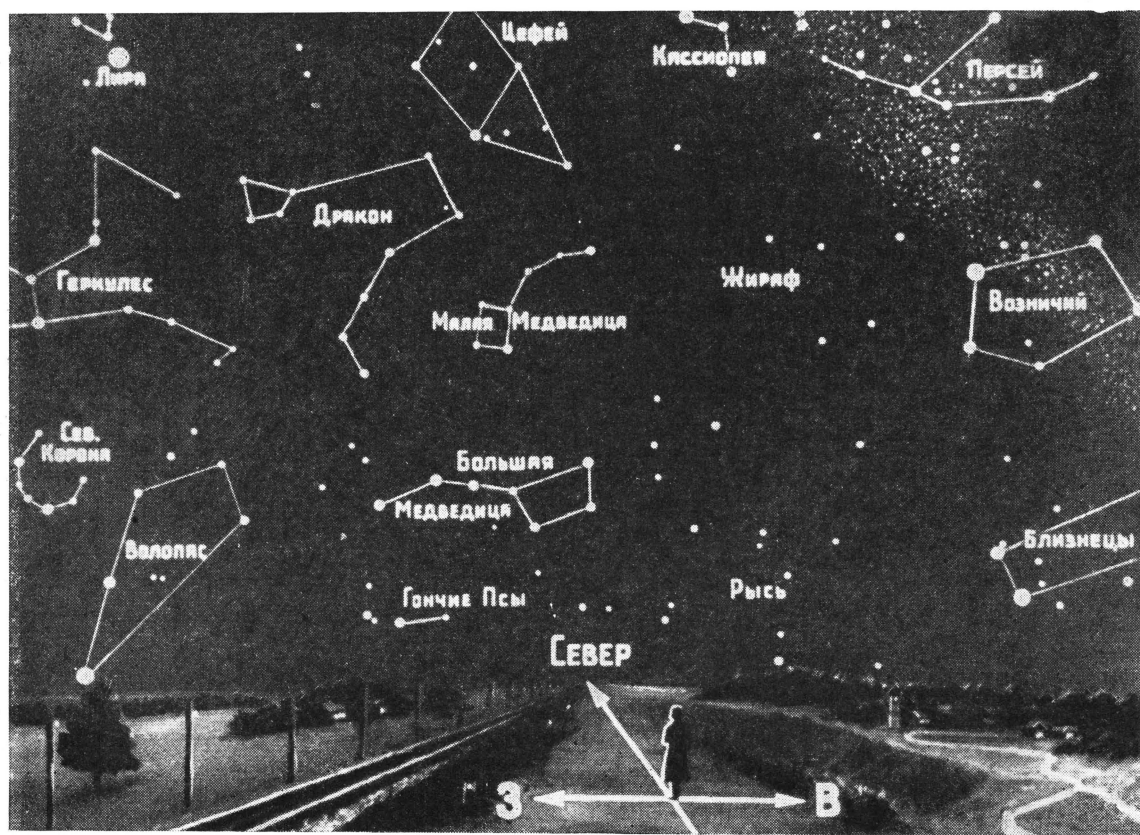
Вид звездного неба в начале ноября показан на рис. 1 и 2. В более ранние и более поздние часы суток картина звездного неба будет соответственно сдвинута (относительно изображенной на рисунках) для северной части к западу или востоку, а для южной — к востоку или западу.

В этой заметке мы более подробно расскажем о созвездии Лиры (рис. 3). Это сравнительно небольшое созвездие (см. также рис. 1) содержит много интересных для наблюдений объектов. Созвездие Лиры легко найти по самой яркой звезде северного неба — Веге, звезде голубовато-белого цвета ($0^m,1$). Диаметр ее в 2,5 раза больше диа-

метра Солнца. Температура поверхности Веги $11\,000^\circ\text{K}$.

Ниже Веги четыре звезды $\beta, \gamma, \zeta, \delta$ образуют параллелограмм. Звезда β Лиры в бинокль разделяется на две звезды, находящиеся друг от друга на угловом расстоянии $46'',6$. Более яркая звезда затменно-переменная, менее яркая имеет постоянный блеск $7^m,8$. Блеск переменной β Лиры меняется с периодом 12,91 суток в пределах от $3^m,4$ до $4^m,3$, причем имеется второй минимум блеска $3^m,8$. Двойственность яркой компоненты β Лиры нельзя обнаружить визуально даже при наблюдениях в самые сильные телескопы. Двойственность

Рис. 1. Вид северной части звездного неба 5 ноября в 20 часов местного времени



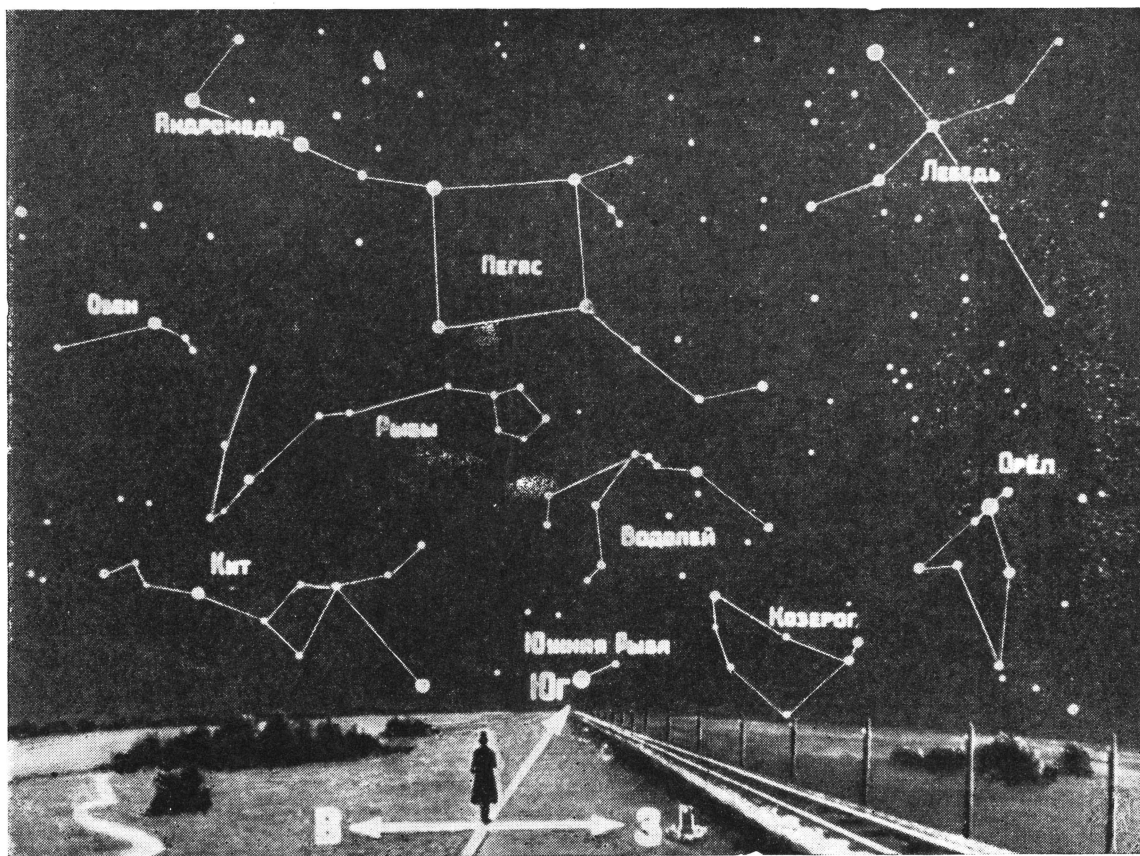


Рис. 2. Вид южной части звездного неба 5 ноября в 20 часов местного времени

этой звезды устанавливается на основе исследования кривой изменения блеска и спектроскопических наблюдений.

Звезда δ Лиры — кратная система. Уже невооруженным глазом при очень хороших условиях видимости можно заметить, что она состоит из двух звезд. Более яркая имеет блеск $4^m,52$ и находится от менее яркой $5^m,5$ на угловом расстоянии $619''$. При телескопических наблюдениях можно обнаружить на расстоянии $86'',2$ от яркой звезды еще одну звезду $10^m,6$.

Выше звездного параллелограмма находится кратная система ϵ Лиры, состоящая из четырех звезд. Зоркий глаз различает две звезды, а в бинокль это может увидеть каждый наблюдатель. Угловое расстояние между ними $208''$. В телескоп каждая из этих звезд разделяется еще на две звезды. Первая пара состоит из звезд $5^m,1$ и 6^m , угловое расстояние между которыми $3'',1$, а вторая пара — $5^m,1$ и $5^m,4$ (угловое расстояние между звездами $2'',4$). На рис. 3 показан вид этого участка неба в бинокль (поле зрения $6''$) и в телескоп (поле зрения $12'$).

К северу от Веги находится звезда R Лиры. Эта желто-красная звезда — холодный гигант, блеск которого меняется от 4^m до 5^m (с периодом около 50 суток).

Правее этой звезды в бинокль можно обнаружить переменную RR Лиры (короткопериодическая цефеида). На рис. 3 она показана, но невооруженным глазом ее не видно (ее блеск изменяется от $6^m,9$ до $8^m,0$ за 13,6 часа).

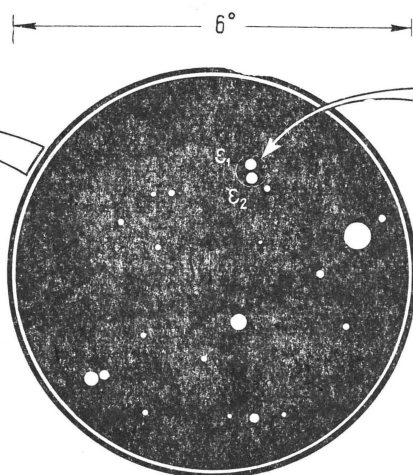
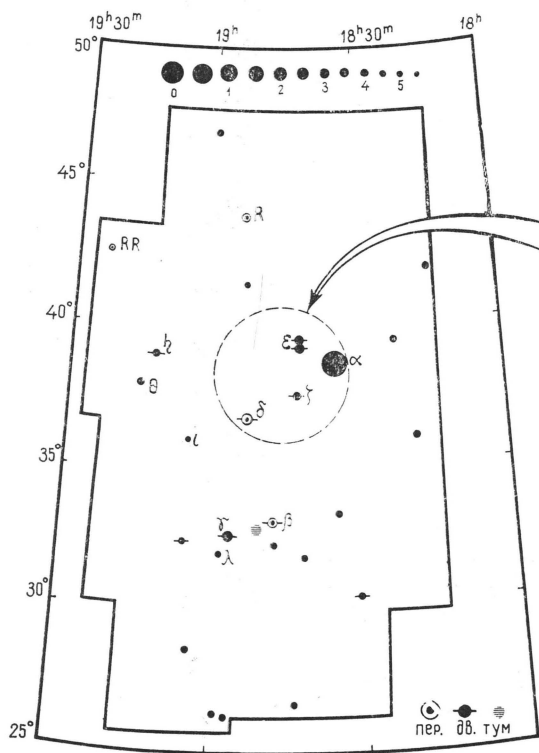
В созвездии Лиры, между звездами β и γ , расположена одна из интересных планетарных туманностей (рис. 4), в центре которой находится звезда. Поверхность звезды имеет очень высокую температуру (примерно $75\,000^\circ$). Ультрафиолетовое излучение этой звезды вызывает свечение газов туманности, которая в видимых лучах представляется ярче ($9^m,3$), чем сама звезда ($14^m,7$).

В созвездии Лиры имеется еще несколько двойных и переменных звезд, доступных для любительских наблюдений.

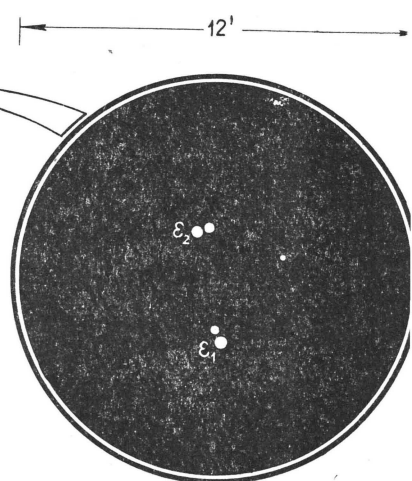
Видимость планет. В конце года хорошо будут видны планеты Юпитер и Сатурн*.

Юпитер в ноябре восходит в начале вечера и его можно наблюдать в созвездии Рака всю ночь. Меркурий будет виден утром только с конца ноября по декабрь включительно, перемещаясь по созвездиям Весов, Скорпиона, Змееносца и Стрельца.

* О наблюдениях Сатурна см. «Земля и Вселенная», 1966, № 4, стр. 77.



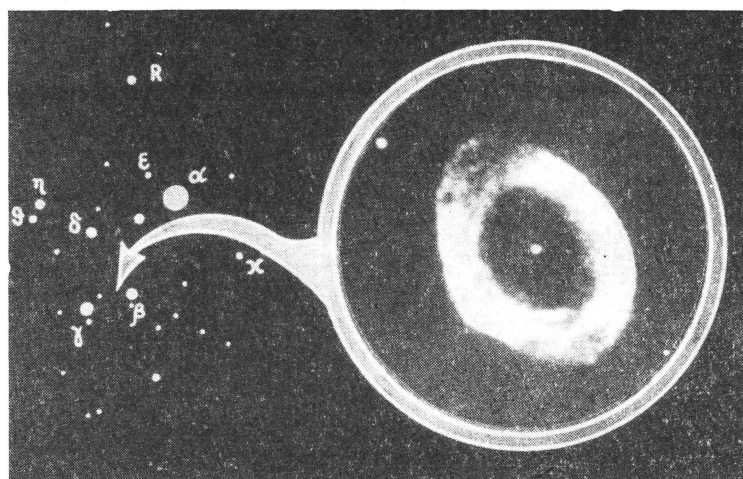
Вид части созвездия Лиры
в бинокль



Кратная система ε Лиры
при наблюдении в телескоп

Рис. 3. Созвездие Лиры на карте звездного неба

Рис. 4. Планетарная туманность в созвездии Лиры



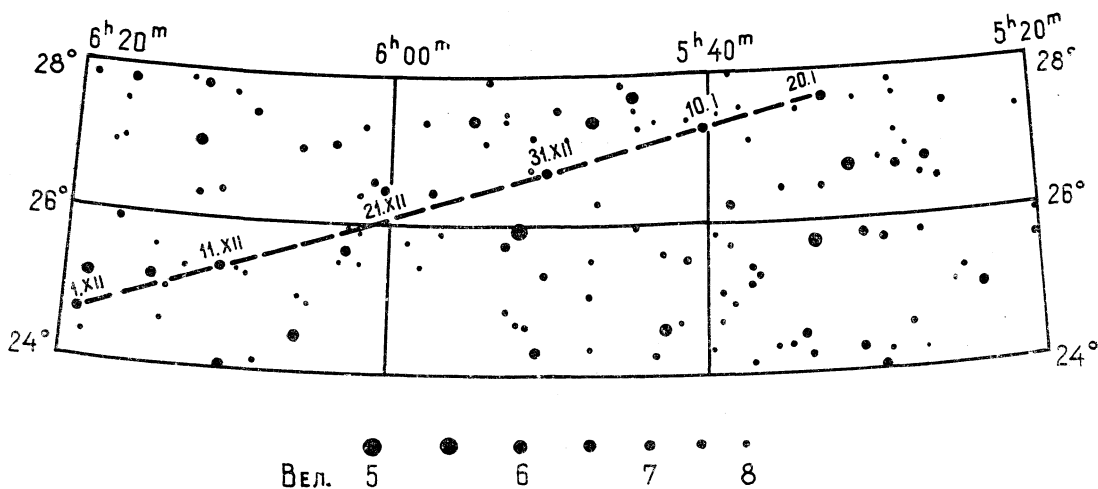


Рис. 5. Перемещение малой планеты Цереры среди звезд с 1.XII—1966 г. по 2.I—1967 г.

Блеск его увеличивается постепенно от 2^m до 0^m,5. Наибольшее удаление планеты от Солнца (20°) наступит 4 декабря. Планету Венеру можно будет наблюдать только в конце года на фоне вечерней зари в созвездии Стрельца. Марс восходит около полуночи в начале ноября в созвездии Весов, а затем переходит в созвездие Девы. Планета Уран в ноябре будет видна утром, а в декабре — с полудня в созвездии Девы. Видимость Нептуна наступит с середины декабря. Планета будет наблюдаться утром на юго-востоке в созвездии Весов.

В это же время в телескопы можно увидеть вблизи противостояний две малые планеты — Це-

реру и Палладу. Путь Цереры и ее положение среди звезд каждые десять дней показан на рис. 5. В противостоянии Цереры (7^m,2) будет 22 декабря в созвездии Близнецов. Паллада находилась в противостоянии 11 октября, а в ноябре будет видна в созвездии Кита как звезда 9^m. Ее координаты 1 ноября: $\alpha = 0^h 51^m,8$, $\delta = -18^\circ 52'$.

В середине ноября 1966 г. Земля пересечет орбиту метеорного потока Леонид, большой метеорный дождь которых наблюдался в 1833 и 1866 гг. Земля пересекает метеорный поток Леонид ежегодно. При этом каждые 33 года можно было видеть множество метеоров. Представляют интерес наблюдения метеоров в ночь на 17 ноября 1966 г.

А. Д. МАРЛЕНСКИЙ, доцент,
Ф. М. ПОРОШИН, аспирант

НАБЛЮДАЙТЕ НОЯБРЬСКИЙ «ЗВЕЗДНЫЙ ДОЖДЬ»!

В ноябре 1966 г. Земля пройдет сквозь метеорный поток Леонид. Мы уже сообщали («Земля и Вселенная» №№ 3, 4, 1966 г.) о повышенной активности этого метеорного потока в ноябре 1965 г. В нынешнем году ожидается еще большое количество метеоров, а возможно, даже и «звездный дождь». Сейчас многие обсерватории готовятся к наблюдениям этого уникального явления.

До сих пор в изучении метеоров большое значение имеют серьезные и хорошо организованные наблюдения любителей астрономии. Зная количество ме-

теоров в одни и те же моменты времени в разных пунктах на территории нашей страны, можно будет сделать выводы о структуре роя Леонид, а также получить оценку массы метеорного вещества, попавшего на Землю. Поэтому-то так важны данные из Сибири, Дальнего Востока, из южных республик, где больше надежд на хорошую погоду в ноябре.

При обозрении участка неба поперечником 60° около зенита можно подсчитать число метеорных частиц на площади в 10250 км², если в среднем считать, что метеоры светятся на высоте 100 км. Любители астрономии не должны упускать такую возможность исследования природы, тем более, что это не дублирует профессиональные наблюде-

ния на обсерваториях, а прекрасно дополняет их.

Наблюдения должны проводиться с 14 по 21 ноября 1966 г. с 22 часов вечера до 6 часов утра местного времени.

Цель наблюдений — подсчет числа метеоров в ограниченной околосенитной области неба диаметром 60°. Для ограничения лучше всего использовать гимнастическое кольцо, подвесив его на распорках на соответствующей высоте над головой (высота подвеса определяется диаметром кольца). Наблюдения ведутся лежа на матраце или спальном мешке. Наблюдатель должен иметь хорошие проверенные до наблюдений часы и фонарик, с закрытой чем-нибудь лампочкой.

(См. продолжение на стр. 93)



Ф. ХОЙЛ, ДЖ. ЭЛЛИОТ

Перевод Г. С. ХРОМОВА

Рисунки Р. Авотина

Джон Флеминг, ученый, расшифровавший космическое послание, в котором содержалась схема счетной машины, не желает продолжать работу с уже запущенной машиной, так как не уверен, что она предназначена для блага людей.

После отказа Флеминга наиболее активная роль переходит к биохимику профессору Мадлен Дауни. Продолжая вести с машиной своеобразную игру в вопросы и ответы, Дауни получает от нее все более сложную биохимическую информацию. В конце концов, Дауни приходит к выводу, что машина предлагает ей схему синтеза живой клетки. В отличие от Флеминга Дауни не считает, что экспериментирование с машиной чревато опасностями и вскоре добивается согласия на организацию работ по синтезу живого белка — работ, проводимых, по сути дела, по подсказке машины.

Флеминг, все-таки приехавший в Торнесс из любопытства, оказывается в лаборатории Дауни в

тот вечер, когда ей впервые удастся получить живую, способную к самовоспроизведению клетку. Флеминг безуспешно пытается помешать этому эксперименту.

В тот же вечер служба безопасности застаёт Денниса Бриджера за передачей секретных материалов агентам «Интеля». Бриджер, пытаясь скрыться, погибает.

Флеминг тяжело переживает смерть своего друга. Раньше он не подозревал, что Джуди Адмсон — агент секретной службы, теперь же считает ее виновницей гибели Бриджера.

Инцидент с Бриджером поставил под угрозу будущее эксперимента, поскольку военные давно хотят использовать машину в своих целях и ждут лишь подходящего случая, чтобы отобрать ее у министерства науки. Все же Осборну и Рейнхарту удастся отбить очередной натиск.

А созданная Дауни клетка продолжает делиться, комочек живой материи быстро растет.

* Продолжение, начало см. №№ 2, 3, 4.

Масштабы нового эксперимента росли фантастически быстро. Уже через несколько часов Дауни пришлось перенести комочек вещества со стеклышка в небольшую ванночку с питательным бульоном. Но уже на следующее утро ее пришлось заменить ванной. Весь день клетки продолжали безостановочно делиться, и к вечеру Дауни должна была призвать на помощь Джирса. Тот отнесся к проблеме как рачительный хозяин и велел своим механическим мастерским изготовить глубокий бак с электрическим подогревом, системой капельной подпитки над верхним открытым концом и смотровым окном в середине передней стенки. К рассвету силами четырех ассистентов творение Дауни было извлечено из слишком уже тесной для него ванны и помещено в бак.

В новом местелище оно выросло до размеров овцы, и на том остановилось. Существо выглядело вполне здоровым и безвредным, хотя отнюдь не было красивым.

Утром пришел Рейнхарт, который наконец принял решение и захотел поговорить с Дауни. Она все еще была в лаборатории и возилась над баком, проверяя систему подпитки. Он бродил вокруг, пока это не кончилось.

— Все еще живет?

— И процветает! — Кроме некоторой бледности и напряженных морщинок вокруг глаз и рта, в Дауни не было заметно никакой усталости. — Подумать только: меньше двух суток назад это было лишь пятнышко на предметном стекле! Я же говорила, что нет причин, препятствующих росту организма с любой желаемой скоростью, — лишь бы его соответственно питали.

— Но кажется, оно уже перестало расти? — Рейнхарт с уважением поглядывал на смотровое стекло, за которым виднелась шевелящаяся во мраке темная масса.

— Похоже, что оно имеет predetermined размеры и форму, — сказала Дауни, собирая со стола рентгенограммы. Она протянула их Рейнхарту. — Правда, здесь мало что видно. Скелета нет. Похоже на огромный кусок студня. Зато есть вот этот глаз и какое-то подобие мозга, похожее на очень сложный нервный узел.

— И больше никаких деталей? — Рейнхарт поднял к свету рентгенограммы.

— Возможно, что имеются рудиментарные зачатки пары ног, хотя, пожалуй, это, скорее, просто раздвоенный кусок ткани.

Рейнхарт отложил снимки и сосредоточенно нахмурился.

— Как оно питается?

— Прямо через кожу. Оно живет в питательной среде и усваивает ее непосредственно клетками тела. Очень просто и очень эффективно.

— А что машина?

Дауни сделала большие глаза.

— Причем здесь машина?

— Она как-нибудь реагирует?

— А она должна?

— Не знаю, — Рейнхарт нетерпеливо нахмурился. — Так как же — реагирует или нет?

— Нет. Она совершенно спокойна.

Профессор отправился в машинный зал и медленно возвратился, опустив голову, сосредоточенно рассматривая поблескивающие носки тщательно вычищенных туфель. Время было раннее, кру-

гом стояла полная тишина. Он сомкнул руки за спиной и проговорил, не поднимая глаз:

— Я хочу, чтобы Флеминг вернулся сюда.

Сначала Дауни ничего не ответила, но потом отрывисто сказала: — Эксперимент полностью контролируется.

— Кем?

— Мной.

Профессор словно через силу поднял глаза.

— Мы живем в долг, Мадлен. Нас хотят выставить.

— Сейчас, когда работа в самом разгаре?! — Да. Правда, министерство отстояло нас, но мы должны работать как единая группа и показывать результаты.

— Хорошенькое дельце! А это, что же, не результаты? — Дауни нацелилась на бак коротким костлявым пальцем. — Мы делаем величайшее дело века — мы жизнь создаем!

— Знаю, — уныло сказал Рейнхарт, неловко переминаясь с ноги на ногу. — Но куда это нас приведет?

— Нам еще многое нужно узнать и понять.

— Но мы не можем допускать больше никаких инцидентов.

— Я могу справиться и одна.

— Мадлен, это ведь касается не только вас, — Рейнхарт говорил с ней мягко и как-то смущенно. — Мы все вовлечены в это.

— Я могу справиться одна, — повторила она упрямо.

— Вы не сможете отделить существо от его создателя — от машины.

— Конечно, не смогу. Но у меня есть Кристина, она разбирается в машине.

— Кристина разбирается в основах счета, в арифметике, а здесь, по-моему, существует еще высшая логика, или что-то вроде. Ее понимает только Флеминг.

— Не желаю, чтобы этот Джон Флеминг околачивался здесь и портил мне дело и приборы! — повысила голос Дауни. Рейнхарт спокойно выслушал ее, смущенность уже сменилась у него решимостью.

— Не всем нам приходится делать только то, что хочется! — он сказал это так резко, что Дауни посмотрела на него с изумлением. — За эту работу все еще отвечаю я! И буду отвечать до тех пор, пока мы работаем единой группой и работа имеет смысл. Это значит, что Флеминг будет здесь!

— Пьяный или трезвый?

— Боже мой, Мадлен, если мы не можем доверять друг другу, кому же нам доверять?

Дауни раскрыла рот, желая возразить что-то, но остановилась.

— Ладно. Пока он будет вести себя прилично и не лезть в чужие дела...

— Спасибо, дорогая, — Рейнхарт улыбнулся ей.

Выйдя из лаборатории, он направился к Джирсу.

— Но Флеминг известил меня, что уезжает, — сказал тот. — Я только что послал мисс Адамсон к счетной машине, чтобы Флеминг не натворил чего-нибудь перед отъездом.

В здании счетной машины Флеминга не было. Джуди в нерешительности стояла перед пустым пультом управления, когда на нее наткнулась Дауни.

— Привет! Хотите взглянуть на Циклопа?
— Почему вы его так странно называете?
— В силу некоторых физических характеристик. — Дауни казалась уже совершенно спокойной. — Что, современных девиц уже вообще ничему не учат? Ну пошлю, он здесь, рядом.
— А нужно?
— Не интересуетесь?
— Да, но...

Джуди чувствовала себя сбитой с толку. Она ничего не знала о том, как развивался эксперимент. Последние двое суток она не думала почти ни о чем — только о Флеминге и Бриджере, о своем беспросветном положении. Поэтому, если созданное Дауни существо и занимало какое-то место в ее сознании, то как нечто микроскопически малое и не связанное с реальной жизнью. Она шла за пожилой женщиной в лабораторию, растерянная и ни к чему не подготовленная. Внушительный вид бака несколько ее смутил.

— Загляните внутрь, — сказала Дауни.

Джуди послушно склонилась над открытым верхом большого бака, не подозревая, что ей предстоит там увидеть. Плавающее в нем существо имело некоторое сходство с продолговатой медузой, без конечностей и без щупалец, раздвоенное с одного конца и с некоторым подобием головы — с другого. В жидкости плавала подрагивающая, колышащаяся масса протоплазмы. А из середины того, что можно было считать головой существа, пристально смотрел огромный безвекий и бесцветный глаз.

Неудержимый приступ тошноты и панического отвращения потряс Джуди. Конвульсия отбросила ее от края бака, и безумные глаза замерли на Дауни, будто и та была тенью из кошмарного сна. Прижав руку ко рту, Джуди бросилась вон.

Не разбирая дороги, она добежала до домика Флеминга, рванула дверь и ворвалась в комнату.

Флеминг впихивал в рюкзак остатки своего имущества. На полу стояли уже собранные чемоданы. Он холодно взглянул на стоявшую в дверях Джуди.

— Джон! — Ей не сразу удалось заговорить. Голова кружилась и звенела, к горлу подступало. — Джон, ты должен туда пойти.

— Куда? — Во взгляде была только враждебность и ничего больше.

Его бледное лицо с темными мешками под глазами все еще носило следы невзгод прошедшей недели, но сам он был спокоен, сдержан и полностью владел собою.

— В лабораторию, — голос Джуди дрожал и прерывался.

— Для вас? — последовал спокойный иронический вопрос.

— Не для меня. Она сделала что-то ужасное. Какое-то существо.

— Почему бы вам не сообщить агенту № 5?

— Прошу тебя! — Джуди двинулась к нему. Она ощущала свою полную беззащитность, но сейчас ей было все равно, что он скажет и делает. Он отвернулся и наклонился над рюкзаком.

— Джон, пожалуйста. Происходит что-то ужасное. Ты должен остановить...

— Не указывайте мне, что я должен делать, а чего — нет.

Он стащил рюкзак с койки и, пройдя мимо Джуди, бросил его рядом с чемоданом.

— Чья это вина?

Джуди сделала глубокий вдох.

— Я не убивала Бриджера!

— Не убивала? И не ты натравила на него эту шайку?

— Я пыталась предупредить тебя. Я же говорила тебе: мне не нравится то, что я должна делать. Я же говорила, чтобы ты не доверял мне. Ты что думаешь, у меня...

— Я уезжаю.

— Нет, ты не уедешь! У них эта чудовищная тварь! — Джуди в отчаянии вцепилась Флемингу в рукав, но он стряхнул ее руку и подошел к двери. Нажав на рукоятку, он распахнул дверь. — До свидания!

— Нет, ты не уедешь!

— До свидания, — сказал он спокойно, дожидаясь, когда она уйдет. Джуди медлила, пытаясь придумать, что бы еще сказать ему, и в этот момент появился Рейнхарт.

— Здравствуйте, Джон. — Он перевел взгляд с одного на другую. — Здравствуйте, мисс Адамсон.

Она прошла между ними к двери молча, часто моргая, чтобы сдержать слезы. Рейнхарт повернулся было, чтобы задержать ее, но Флеминг захлопнул дверь.

— Вы знали об этой особе?

— Да.

Рейнхарт подошел к койке и опустился на нее. Он выглядел старым и усталым.

— Вы, что, не могли сказать мне? — спросил Флеминг обличающим тоном.

— Нет, Джон, не мог.

— Что же, — Флеминг выдвигал и вновь за- двигал ящики стола, чтобы убедиться, что они пустые, — можете нанять на мое место кого-нибудь, кому вы сможете доверять!

Профессор обвел глазами комнату.

— У вас не найдется что-нибудь выпить? С чего это вы взяли, что я не доверяю вам?

— А разве хоть кто-нибудь нам доверяет? — Флеминг рылся среди пустых бутылок. — Никто даже и ухом не поведет, чтобы послушать, что мы говорим.

— Обращают внимание на то, что мы делаем.

— Брэнди сойдет? — Флеминг наконец нашел каплю влаги на дне одной из бутылок и опрокинул ее в стакан. — Ну, конечно, мы такие полезные мастера! Но как только дело доходит до смысла, до предположений о том, зачем все это, тут они и знать нас не хотят.

Он протянул стакан.

— У вас не найдется чуть-чуть водички? — попросил Рейнхарт.

— Сколько угодно.

— А вы? — кивнул на бутылку Рейнхарт. Флеминг покачал головой.

— Они уверены, что им просто свалился с неба премиальный подарок, — продолжал он, наливая из-под крана воду. — А когда мы говорим, что это только начало чего-то гораздо большего, они смотрят на нас, как на лунатиков. Натравливают на нас своих сторожевых псов... Вернее, ищек.

— Не нужно сваливать все на эту девушку. — Рейнхарт взял стакан и отпил из него.

— Ни на кого я не сваливаю! Но если они не понимают, что передача, которую мы поймали тогда по чистой случайности, может изменить всю нашу жизнь, то пускай и распутываются как знают. В любом случае они только все испакостят — ничего у них не получится.

— Кое-что уже получилось.

— Уродец у Дауни?

— Вы знаете об этом?

— А! Это всего лишь подпрограмма, придаток машины, — Флеминг заглянул в пустой шкаф, но его внимание уже было отвлечено. — Дауни считает, что машина дала ей власть создавать жизнь. Так она ошибается. Машина-то дала эту власть себе.

— Тогда вы должны быть здесь и все контролировать, Джон.

— Это не мое дело, — он с силой захлопнул дверцу шкафа. — Видит бог, как я жалею, что начал!

— Но вы все же начали. Ответственность на вас.

— Перед кем ответственность? Перед теми, кто не хочет меня слушать!

— Но я же вас слушаю.

— Ладно. — Он бродил по комнате, собирая хлам и бросая его в корзину для бумаг. — Я только расскажу вам, с чем вы здесь имеете дело, и пойду.

— Надеюсь, что услышу что-нибудь конструктивное... — Брэнди снова придало силу голосу Рейнхарта.

— Смотрите... — Флеминг наконец остановился в ногах койки.

— Вот все вы так деловито спрашиваете: «Что?», «Что это такое?», «Что оно делает?»; но никто не спрашивает «Почему?». Почему неизвестная цивилизация в двух сотнях световых лет от нас не пожалела трудов, чтобы запустить все это?

— А разве мы можем ответить на этот вопрос?

— Мы можем строить логические заключения.

— Догадки.

— Ну, если вы не хотите додумывать до конца, то...

Он резко распрямился, и опустил спинку койки.

Рейнхарт прихлебывал брэнди и ждал. Через минуту Флеминг снова успокоился и смущенно усмехнулся.

— Старый черт вы эдакий! — Он сел рядом с профессором. — Ведь это же логический разум, где бы и каким бы он ни был! Он посылает набор инструкций, составленных в абсолютных терминах и описывающих некое устройство, которое мы интерпретируем как счетную машину. Зачем и почему? Вы думаете, только для того, чтобы объявить, что «квот де интересная техническая информация. Развоним-ка о ней на всю Вселенную — может быть, кому-нибудь она покажется полезной?»

— Очевидно, что сами вы так не думаете.

— Не думаю. Потому что, где разум — там и воля. А где воля — там и амбиция. Предположите-ка, что эта цивилизация хочет распространиться, что тогда?

— Ну что ж, как одна из многих, теория не плоха.

— Эта теория единственно логическая! — хлопнул себя по бедру Флеминг. — Так что же делает цивилизация? Она передает послание, которое мо-

жет быть принято, интерпретировано и воплощено в жизни другими цивилизациями. Технические подробности роли не играют, так же как не важно, из чего сделан радиоприемник, который вы покупаете: программы все равно одни и те же. Важно то, что мы берем их программу — программу, которая, используя математическую логику, может приспособливаться к нашим или другим каким-нибудь условиям. Ей известны основные формы жизни, и она выясняет, к какой из них принадлежим мы. Выясняет, как работает наш мозг, как устроено наше тело, как мы получаем информацию из внешнего мира: ведь мы же рассказали машине о нашей нервной системе и наших органах чувств? Вот теперь она и создала существо с телом и органом чувств — глазом. Оно же имеет глаз, а?

— Имеет.

— Возможно, существо весьма примитивно, но это лишь очередной шаг. Дауни считает, что она использует машину, а ведь на деле-то машина использует Дауни!

— Очередной шаг к чему? — поинтересовался Рейнхарт.

— Не знаю. К какому-то преобладанию.

— Над нами?

— А над кем же еще?

Рейнхарт поднялся и медленно, и задумчиво пройдя через комнату, поставил пустой стакан к остальной посуде.

— Не знаю, Джон.

Флеминг, казалось, понял его неуверенность, и мягко сказал:

— Первооткрыватели тоже, должно быть, казались туземцам вполне безобидными. Добрые миссионеры в смешных пробковых шлемах... А кончилось-то тем, что они стали их правителями.

— Возможно, вы правы. — Рейнхарт благодарно улыбнулся ему; это было совсем как в прежние времена, когда оба они думали одинаково. — Однако миссионер очень уж странный.

— Скажите, что за мозг у этого существа? — Рейнхарт поднял плечи и Флеминг продолжил мысль. — Думает ли оно как мы, или как машина?

— Думает ли оно вообще?

— Если у него есть глаз, значит есть и нервные центры, то есть мозг. Так что же это за мозг?

— Вероятно, тоже примитивный.

— Почему? — решительно возразил Флеминг. — Почему бы машине не обзавестись придатком к своему собственному разуму — вспомогательной машиной, которая действует точно таким же образом и, кроме того, обладает органическим телом?

— А какая ей была бы польза?

— Какая польза от органического тела? Машина с органами чувств? Машина с глазом?

— Вы бы никого этим не убедили, — сказал Рейнхарт.

— Не нужно растревлять мне раны.

— Придется вам остаться при машине, Джон.

— А что делать?

— Контролировать ее. — Решение было принято много часов назад, и теперь Рейнхарт говорил твердо. Флеминг покачал головой.

— Каким образом? Машина умнее нас.

— Умнее?

— Я не желаю принимать во всем этом участия.

— Это вполне устроило бы машину, согласно вашей же теории.

— Вы же мне не верите...

Рейнхарт слегка развел руками.— Готов поверить.

— Тогда разломайте ее. Это единственный безопасный выход.

— И мы это сделаем, если будет необходимо,— сказал Рейнхарт. С этими словами он направился к двери, точно дело было уже улажено. Флеминг быстро повернулся к нему.

— Уничтожите? Вы действительно считаете, что сможете это сделать? Посмотрите, что произошло, когда я попытался вмешаться: Дауни просто вышвырнула меня вон. А если вы попытаетесь, то и вас вышвырнут.

— Это и так хотят сделать.

— Что хотят?! — Флеминга словно ударили.

— Есть силы, которые хотят убраться нас с дороги,— сказал Рейнхарт.— Стоит им только узнать, что у нас разброд, и тогда нас вытеснят.

— Но почему?

— По их мнению, они лучше знают, как использовать машину. Но пока мы здесь, Джон, мы можем все держать в руках. И мы разрушим машину, если это будет нужно.— Он перевел взгляд со встревоженного лица Флеминга на чемоданы.— Распакуйте-ка лучше все это.

При встрече Дауни и Флеминга воздух был насыщен грозой, но ничего драматического не произошло. Флеминг держался спокойно, а Дауни отнеслась к нему с оттенком терпеливой иронии.

— Добро пожаловать, блудный сын,— сказала она и повела его смотреть существо в баке.

Создание мирно плавало в своей питательной ванне. Оно обнаружило смотровое окно и большую часть времени проводило, прильнув к нему своим единственным глазом. Флеминг вперил в него свой взор, но существо не выказало ни малейших признаков реакции.

— С ним можно как-нибудь общаться?

— Мой милый, мы еле-еле успели хоть что-нибудь узнать о нем,— Дауни говорила так, будто подшучивала над очень юным студентом.

— Есть у него голосовые связи или что-нибудь такое?

— Нет.

— Хм! — Флеминг выпрямился и заглянул через верх бака.— Возможно, что это слабая попытка создать человека.

— Человека? Что-то не похоже на человека. Флеминг побрел в машинный зал, где Кристина следила за индикаторной панелью.

— Что-нибудь печатается?

— Нет, ничего.— Кристина казалась удивленной.— Но в ней что-то происходит,— добавила она.

Лампочки на индикаторной панели безостановочно мигали. Похоже было, что машина работает во всю, но сама на себя, и результатов не сообщает.

Следующие два-три дня прошли без происшествий, и тогда Флеминг соорудил большую магнитную катушку, обмотав провод вокруг бака и соединив его концы с машиной. Он не объяснил остальным, для чего он это делает, да, говоря по правде, и не мог бы объяснить. Но сразу же индикаторная панель неистово заморгала своими лам-

почками. Из лаборатории прибежала Кристина.

— Циклоп страшно возбудился! Так и бьется в баке!

Из соседней комнаты доносились удары и плеск мечущегося в жидкости существа. Флеминг отсоединил катушку и удары прекратились. Соединил — и существо заметалось снова, но выходное устройство продолжало молчать. Пришел Рейнхарт справиться как идут дела, и вместе с ним Дауни и Флеминг еще раз проделали операцию с подключением. Однако извлечь отсюда что-либо осмысленное так и не удалось.

Назавтра Флеминг снова созвал их.

— Я хочу попытаться произвести один эксперимент,— объявил он. Он подошел к индикаторной панели и стал спиной к ней между двумя выступающими из нее металлическими контактными стержнями, назначение которых до сих пор оставалось неясным. Флеминг считал их разновидностью воспринимающего устройства. Напряжение между стержнями (оно было около тысячи вольт) могла регулировать сама машина. Подумав, Флеминг снял изолирующие футляры и снова стал между стержнями. Ничего не произошло.

— Можно попросить вас стать сюда на минутку? — спросил он Рейнхарта и отошел, уступив место профессору.— Помните: стержней нельзя касаться. Между ними тысяча вольт, если не больше!

Рейнхарт спокойно стал между стержнями, спиной к индикаторной панели.

— Что-нибудь чувствуете?

— Очень слабо... — он помедлил, — что-то вроде головокружения.

— Что-нибудь еще?

— Нет.

Рейнхарт сделал шаг от панели.

— Сейчас прошло?

— Да.

Флеминг повторил эксперимент с Дауни, но та совсем ничего не почувствовала.

— У разных людей интенсивность электрических разрядов в мозгу различна,— сказала Дауни.— У меня, очевидно, она мала, так же как и у Флеминга. Ваша, Эрнест, должна быть выше, так как создает некоторую утечку тока между стержнями. Попробуйте вы, Кристина. Кристина испуганно взглянула на Флеминга.

— Ну-ну ничего,— подбодрил ее Флеминг.— Станьте, чтобы ваша голова была между этими штуками, да не касайтесь их, а то поджаритесь!

Кристина стала там же, где стояли до нее остальные. Несколько секунд казалось, что это не производит на нее никакого действия, но затем девушка как-то закаменела, глаза ее закрылись, и качнувшись вперед она упала, лишившись сознания. Ее подхватили, перенесли на кресло, и Дауни приподняла ей веки, чтобы посмотреть зрачки.

— Все будет в порядке. Это просто обморок.

— Что произошло? — спросил Рейнхарт.— Неужели она дотронулась?

— Нет,— ответил Флеминг,— но лучше уж я поставлю защиту на место.

Сделав это, он стоял в задумчивости, пока Дауни и Рейнхарт оживляли Кристина, пригибая ей голову к коленям и смачивая лоб холодной водой.

— Если между этими стержнями существует постоянный электрический разряд и в него вводится электрическое поле работающего мозга...

— Да подождите же,— нетерпеливо оборвала его Дауни.— Мне кажется, что она приходит в себя.

— О, с ней-то все будет в порядке,— Флеминг задумчиво глядел на панель и на два торчащих из нее, изолированных теперь контакта.

— Это поле будет изменять силу тока в разряде, модулировать ее, так сказать. Мозг тоже почувствует реакцию, и тогда может происходить своего рода восприятие; значит, это может работать и туда и сюда...

— О чем это вы бормочете? — спросил Рейнхарт.

— Да все об этом! — Флеминг уже зажегся возбуждением.— Мне кажется, что теперь я знаю, для чего эти стержни. Они служат для общения с машиной — передачи и восприятия.

Дауни с сомнением посмотрела на него.— Кристин просто невротическая женщина. Вероятно, хороший объект для гипноза.

— Может быть.

Кристин пришла в себя и зажмурилась

— Эй, привет! — Она виновато улыбнулась им.— Я свалилась в обморок?

— Должна вам сообщить, что именно так и было,— ответила Дауни.— В вас, должно быть, дьявольски много электричества.

— Правда?

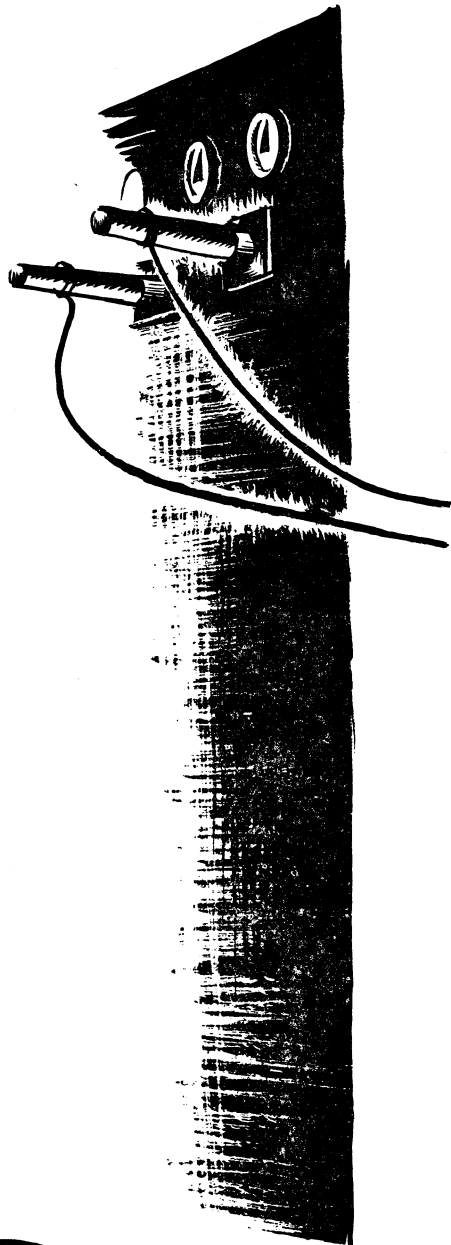
Рейнхарт подал Кристин стакан воды. Флеминг с усмешкой повернулся к ней.

— Только-что вы сослужили великую службу науке. — Однако впредь лучше держитесь подальше, чтобы не попадаться между ними,— кивнул он в сторону стержней. Затем снова повернулся к Рейнхарту.

— Вся штука в том, подходит ли ваш мозг: здесь нужен не обычный человеческий мозг, а такой, который работал бы так, как задано машиной. Тогда у вас будет контакт. Ведь наш способ задавать вопросы, вводя обратно ответы, ужасно неуклюж. Все это печатание...

— Значит вы говорите, что она может читать мысли? — иронически спросила Дауни.

— Я говорю, что два мозга могут поддержи-



вать электрическую связь, если они одного и того же типа. Если вы возьмете вашего уродца и засунете его голову между этими стержнями...

— Не вижу способа это сделать.

— Но ведь именно это ему и нужно! Потому что он и беспокоится. Вернее, оба они беспокоятся. Они хотят войти в контакт. Существо находится в электромагнитном поле, создаваемом машиной, и машина знает, что из этого логически следует. Вот над чем она работала все это время, и нам не говорила.

— Но Циклопа нельзя вытащить из его питательной ванны: он же погибнет,— сказала Дауни.

— Надо подумать.

— Можно было бы соорудить своего рода электроэнцефалограф,— заметил Рейнхарт.— Вроде того, что используется для анализа работы мозга. Прикрепить к голове Циклопа несколько электрических контактов, а для передачи информации протянуть к стержням коаксиальный кабель. При этом придется подключить его через трансформатор, иначе Циклопа убьет током.

— И что это даст? — Дауни смотрела на него скептически.

— Это приведет машину в контакт с ее подынтеллектном,— ответил Флеминг.

— Для какой цели?

— Для ее собственной.— Он отвернулся и медленно пошел по комнате. Дауни дождалась, что скажет Рейнхарт, но старый ученый только хмырнулся, упорно разглядывая свои руки.

— Сейчас лучше? — спросил он у Кристин.

— Да, спасибо.

— Как вы думаете, вы могли бы соорудить что-нибудь вроде того, о чем говорилось?

— Думаю, что да.

— Доктор Флеминг вам поможет. Поможете, Джон?

Флеминг стоял в дальнем конце комнаты, и за его спиной массивно громоздились ярусы аппаратуры.

— Если вы этого действительно хотите,— проговорил он.

— Альтернатива,— сказал Рейнхарт, обращаясь больше к себе и Дауни, чем к Флемингу,— собирать чемоданы и сдавать дела. Как будто бы у нас нет особого выбора?

Дело пошло. Флемингу и Дауни вскоре удалось придумать способ укрепления контактных пластин энцефалографа на том, что казалось головой Циклопа, а Кристин кабелем соединила пластины с высоковольтными стержнями на индикаторной панели машины. В свободном отделении аппаратурной стойки, прямо под панелью был поставлен дополнительный трансформатор, и теперь напряжение, достигающее Циклопа, не могло превысить напряжения батарейки от карманного фонаря. Но все равно эффект был озадачивающий.

Когда все было подключено в первый раз, существо в баке замерло, а лампочки на индикаторной панели машины замигали с такой скоростью, что отдельные вспышки перестали различаться. Вскоре, однако, существо и машина, казалось, приспособились друг к другу; процесс прохождения информации через машину замедлился и стал регулярнее, но на выходе так ничего и не появилось.

Циклоп спокойно плавал в баке, глаза сквозь окно своим единственным оком.

Все это заняло несколько дней. Потом Кристин оставила присматривать за лабораторией и машинным залом, соединенными кабелем, наказав вызвать Дауни или Флеминга, если произойдет что-нибудь новое. Дауни ненадолго уехала в заработанный тяжким трудом отпуск, а Флеминг время от времени навещался к счетной машине, чтобы проверить все ли в порядке и повидаться с Кристин. Он заметил, что раз от разу девушка становилась все более взвинченной, а к концу недели сделалась настолько нервной, что он даже попытался наекнуть ей на это.

— Знаете, я смертельно устал от всего этого, но признаюсь, не думал, что и вы тоже.

— Я не устала,— ответила Кристин. Они разговаривали около пульта управления, следя как на панели машины равномерно мигают огоньки.— Только у меня все время какое-то странное ощущение.

— Что такое?

— Ну, все это происшествие со стержнями и...— она заколебалась и нервно оглянулась на дверь в лабораторию.— Когда я там, я чувствую, что этот глаз все время следит за мной.

— Он же за всеми следит.

— Нет, за мной в особенности.

Флеминг усмехнулся:

— Ну, я его понимаю. Я сам все время на вас смотрю.

— А я думала, что вы заняты другим объектом.

— Был.— Он протянул к ней руку, но передумал и пошел к двери.— Смотрите, будьте осторожны.

После его ухода Кристин прошла через комнату к двери в лабораторное крыло. Ей пришлось сделать над собой усилие, чтобы войти в помещение, где стоял бак, и она с напряженным лицом помедлила в дверях, преодолевая робость. В здании было тихо, доносился лишь ровный и мощный гул счетной машины. Как только Кристин появилась перед окном в стенке бака, Циклоп беспокойно задвигался, толкаясь о стенки и выплескивая жидкость через верх.

— Тихо! — громко сказала Кристин.— Тихо, ты!

Она механически наклонилась и заглянула в окно. Глаз не отрываясь смотрел на нее, а существо неистовствовало все более и более, плескаясь, точно медуза, краями своего бескостного тела. Чувствуя легкое головокружение — наверное от того, что стояла нагнувшись,— Кристин провела рукой по лбу, но словно загипнотизированная, не могла оторвать взора. Она простояла так целую долгую минуту, затем другую, теряя способность мыслить. Ее правая рука медленно, будто по собственной своей воле, двинулась вверх по стенке бака, пальцы нащупали провод, ведущий к кабелю энцефалографа, коснулись его и дрогнули, когда через них прошел слабый электрический разряд.

Как только Кристин дотронулась до провода, Циклоп перестал метаться, но продолжал не отрываясь смотреть на девушку. Лишь гудение машины нарушало тишину, царившую в безлюдном здании. Кристин медленно выпрямилась, продолжая держаться за провод. Двинувшись вдоль провода, ее пальцы коснулись оболочки кабеля и сомкнулись вокруг него — кабель заскользил между пальцами и ладонью. Укрепленный на живую

нитку, кабель, извиваясь, тянулся от бака к стенке лаборатории, и шел дальше, подвязанный кусочками изоляционной ленты к гвоздям, вбитым через несколько метров друг от друга. Рука Кристин нащупывала путь вдоль кабеля, и девушка скобленно, как автомат, двинулась за ней: сначала через комнату — до стены, затем вдоль стены — к дверям в машинный зал. Глаза ее были открыты, но неподвижны и невидящи. Кабель исчезал в отверстии, просверленном в деревянном косяке двери, и Кристин, казалось, была в затруднении от того, что не могла следовать за ним дальше. Тогда она подняла левую руку и взялась за кабель уже по ту сторону двери. Правая рука повисла, и девушка вступила в другую комнату, держась за кабель левой. Кристин медленно, с усилием двигалась вдоль стены к тому месту, где к ней подходили стойки контрольных блоков; ее дыхание было глубоким и затрудненным, как у спящего, видящего дурной сон. В центре металлической стены контрольных стоек, кабель подходил к трансформатору, установленному под индикаторной панелью. Огоньки на панели равномерно мигали в каком-то гипнотическом ритме. Теперь взгляды Кристин были устремлены на них, как до этого — на огромный глаз Циклопа. Она помедлила перед панелью, будто не хотела идти дальше; затем левая рука медленно отпустила кабель. Правая поднималась снова, и пальцы обеих рук сжали провода высокого напряжения, шедшие от трансформатора вверх, к двум стержням вровень с ее головой. Провода были в изоляции, и только под самыми стержнями их жилы были оголены и зажимались выступающими клеммами. Руки медленно, дюйм за дюймом поползли по проводам вверх.

Ее лицо стало бесстрастным и изможденным, и она зашаталась как тогда, когда Флеминг пер-

вый раз заставил ее стать между стержнями. Она крепко сжимала провода, а пальцы медленно, по сантиметру, ползли вверх. И вот они коснулись оголенных жил. Ее тело свилось, пронзенное рядом ничем не ослабленного напряжения между стержнями. Раздался крик, ноги Кристин подогнулись, голова запрокинулась назад, и девушка повисла на простертых вверх руках, словно распятая. Индикаторная панель вспыхнула мерцающим светом, освещая ее искаженное лицо, и из другой комнаты понеслись настойчивые гулкие удары.

Через несколько секунд на предохранительном щитке над головой Кристин раздался громкий взрыв, лампочки на индикаторной панели безжизненно потухли, сведенные судорогой пальцы отпустили оголенные провода. На пол тяжело упала бесформенная гряда. На мгновение наступила тишина. Циклоп перестал биться. Гул машины затих, словно обрезанный ножом.

Потом зазвонил аварийный колокол...

Первой появилась Джуди: она проходила мимо здания, когда на стене над входом ожил аварийный звонок. Распахнув дверь, она бросилась по коридору в помещение пульты управления. Сначала она ничего не увидела. Трубки люминесцентных ламп продолжали сиять под потолком, пульт закрывал от Джуди участок пола под индикаторной панелью. Потом она увидела Кристин и, бросившись вперед, упала рядом на колени.

— Кристин!

Джуди повернула тело на спину. Лицо Кристин смотрело на нее невидящим взором. Почерневшие и местами обгоревшие до кости руки безвольно упали на пол. Джуди послушала сердце — оно молчало.

— О, боже! Почему я всегда застаю только смерть?

(Продолжение следует)

(Начало на стр. 88)

чтобы не слепить глаза. Через каждые 50 минут наблюдений надо делать 10-минутный перерыв. Метеоры надо считать только в круг!

Наблюдатель обязан изредка и очень быстро отмечать время и сразу же опять продолжать наблюдения. Еще лучше, если один человек считает метеоры, а запись времени и числа метеоров ведет другой (через 50 минут они могут поменяться ролями). Основное — отметить в журнале наблюдений, сколько метеоров пролетает за каждые 5 минут. Яркость их указывать необязательно, но все-таки полезно записать, сколько было ярких, средних и слабых метеоров в каждом 5-минутном интервале. При звезд-

ном дожде самое главное на ограниченном нами участке неба определить число метеоров за каждые 3 или 1 минуту без оценки яркости. Если в данный 5-минутный интервал метеоров не было, это тоже надо обязательно отметить.

При оформлении журнала необходимо указать: фамилию, имя, отчество наблюдателей, адрес, образование, год рождения, род занятий, начало и конец наблюдений по местному времени.

Пример записи:

14/XI	Время	Число метеоров	
	22 ^ч		
	м		
00—05 ^м		4	
05—10		3	
10—15		4	
15—20		0	

Любителям, которые желают более подробно познакомиться с задачами и методами наблюдений метеоров, советуем прочитать статью автора в «Астрономическом календаре 1965 года».

Метеорный отдел Центрального совета Всесоюзного астрономического общества просит всех, кто собирается наблюдать Леониды в 1966 г., сообщить об этом по адресу: Москва, К-9, п/я 1268, ВАГО, «Леониды». Группам любителей и астрономическим кружкам могут быть высланы инструктивные материалы. Результаты и журналы наблюдений надо прислать в ВАГО.

Р. Л. ХОТИНОК



ПОЛЕЗНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ И СТУДЕНТОВ*

Решение важной задачи улучшения преподавания астрономии в средней школе неразрывно связано с подготовкой учителей астрономии в педагогических институтах. Сейчас преподаватели астрономии педагогических институтов могут использовать в своей работе «Лабораторный практикум по курсу общей астрономии» М. М. Дагаева.

«Лабораторный практикум» состоит из 37 аудиторных работ (из них 13 по астрофизике и звездной астрономии) и кратких указаний к наблюдениям. Каждая лабораторная работа содержит описание способов ее выполнения.

«Лабораторный практикум» ориентирован на самостоятельную работу студентов. Этому способствует использование нескольких вариантов заданий, предусматривающих применение справочных пособий (астрономических календарей, звездных атласов и карт, математических и физических таблиц и т. д.).

Таблицы, которые отсутствуют в доступных студентам справочных пособиях, содержатся в приложении к книге.

Простейшая обработка репродукций фотографий позволяет студентам ознакомиться с основными методами исследования небесных объектов и астрономических явлений. Например, фотографии Солнца, спектры Юпитера, Сатурна, звезд и другие материалы помогают изучить основные методы астрофизических исследований.

Весьма эффективен сам метод проведения практических занятий. В процессе самостоятельного выполнения лабораторных работ студенты сталкиваются с необходимостью систематической проработки теоретического материала и сознательного отбора научных данных, требующихся для выполнения работ. При таком методе студенты ставят в положение исследователей, что, как известно, способствует развитию самостоятельного мышления и тем самым решает одну из главных задач, стоящих перед высшей школой.

Дальнейшее совершенствование лабораторного метода проведения практических занятий по-



требуется, по нашему мнению, некоторого улучшения «Лабораторного практикума». В этой связи мы считаем необходимым сделать критические замечания, которые автор книги мог бы учесть при подготовке второго издания. (Необходимость переиздания книги, вышедшей малым тиражом в первом издании, не вызывает сомнения).

В «Лабораторном практикуме», как это отмечает и сам автор (стр. 4), работы для самостоятельных наблюдений предложены в ограниченном числе (их всего 8). Этого мало. Причем даже в рекомендуемых работах студентам в основном приходится обрабатывать готовые данные, а не результаты своих наблюдений и измерений. Желательно, чтобы студент, например, сам опреде-

* М. М. Дагаев. «Лабораторный практикум по курсу общей астрономии». Изд-во «Высшая школа», Москва, 1963.

для теодолитом высоты и азимуты небесных тел с отметкой времени, а затем уже перевычислял эти координаты в экваториальные. В полной мере эта рекомендация, к сожалению, не может быть выполнена из-за местных условий (отсутствие в некоторых педагогических институтах необходимых астрономических инструментов и наблюдательных площадок, облачная погода и т. д.).

Вполне осуществимы лабораторные работы по практическому освоению теодолита и переносного малого телескопа. Представляет интерес измерение видимого углового диаметра Луны или Солнца.

Работа № 30, представленная в практикуме, могла бы быть увязана с наблюдениями солнечных пятен на экране. В работе № 5н при определении географической широты полезно было бы подробнее остановиться на наблюдениях Полярной звезды и на использовании таблиц, имеющихся в «Астрономическом календаре ВАГО». Не предусмотрены в практикуме наблюдения искус-

ственных спутников Земли. По нашему убеждению, «Лабораторный практикум» должен содержать описания значительно большего числа работ, чем это требуется программой. Тогда преподаватель астрономии сумеет выбирать работы в соответствии с имеющимися инструментами. Может быть, следовало бы выпустить специальное руководство для выполнения наблюдений по астрономии в педагогических институтах. Такое руководство обязательно должно содержать методику обработки наблюдений.

Можно указать примеры отдельных неточностей и стилистических шероховатостей, встречающихся в книге:

а) на стр. 17 лучше сказать «границы созвездий почти не затронули звезд, видимых невооруженным глазом», так как отдельные случаи все же известны, например, одна из звезд Большой Медведицы (4-й величины) оказалась в созвездии Рыси;

б) на стр. 17 неточно сказано, что наиболее яркие звезды считаются звездами нулевой величины;

в) на стр. 55 выражение «за 1 год небесная сфера 366 раз повернется вокруг оси мира» неточно;

г) на стр. 70 неясно, что хотел сказать автор фразой: «единицы времени даются нам самой природой и устанавливать их произвольно мы не имеем права».

Следовало бы дополнить список рекомендованной литературы.

Нельзя примириться с плохим качеством reproductions спектров, участков звездного неба и т. д. На некоторых планшетах звезды и спектральные линии изображены на сером грязном фоне. Такого рода reproductions недопустимы в учебном пособии.

Наши замечания не снижают общего положительного впечатления о «Лабораторном практикуме» М. М. Дагаева. Эта книга несомненно займет заслуженное место в библиотеке студентов и преподавателей физико-математических факультетов педагогических институтов.

С. Н. ПАРШИН,
Е. Г. ДЕМИДОВИЧ

СОВЕТУЕМ ПРОЧИТАТЬ

«ЧЕЛОВЕК И ТАЙНЫ ВСЕЛЕННОЙ»

Библиотека любознательного читателя, интересующегося проблемами мироздания и философскими вопросами современного естествознания, пополнилась еще одной книгой. Эту книгу — «Человек и тайны Вселенной», написанную В. Н. Комаровым, изд-во «Мысль» выпустило в 1966 году.

Книга рассказывает о том, как изучение Вселенной стало необходимым этапом в развитии естествознания, а осуществление космических полетов и выход человека в Космос — важнейшим качественным скачком в процессе научного познания природы.

Просто и доходчиво, используя множество примеров из конкретных наук, изучающих Вселенную,

автор показывает, важную роль творческого контакта философии и естествознания. Книга содержит много сведений о новейших достижениях в изучении космоса, об основных проблемах и направлениях исследования Вселенной.

Известно, что астрономия всегда являлась ареной ожесточенной борьбы науки и религии. В ходе борьбы менялось соотношение сил, менялись и позиции защитников религии. Ознакомление с основными историческими этапами этой борьбы, к которым еще раз привлекает внимание книга В. Н. Комарова, позволяет лучше понять тактику современных богословов. Поэтому заключительный раздел книги («Вселенная и религия») представляет особый интерес для лекторов и пропагандистов.





ОТВЕТ к стр. 77

В 20-х годах, сразу же после введения поясного времени в РСФСР, в Новосибирске время на левом берегу Оби было на 1 час меньше, чем в самом городе. Можно было отплыть с правого

берега на лодке в 0 часов 15 минут и приплыть на левый берег в 23 часа 45 минут предыдущего дня.

Впоследствии, в 30-х годах, с ростом города и развитием левобережного Кировского района, граница пояса была отодвинута на запад до станции Чик. Однако и это было неудобно, так как

различные районы области жили по разному времени. Лишь с 1 марта 1957 г., когда были установлены новые границы часовых поясов в СССР, в основном совпадающие с границами областей, краев и республик, вся Новосибирская область стала жить по времени 6-го часового пояса.

ОТВЕТЫ НА КРОССВОРД, ПОМЕЩЕННЫЙ В № 4 ЖУРНАЛА

По горизонтали: 5. Фалес. 6. Балид. 8. Галактика. 11. Нарва. 13. Сарос. 15. Протион. 17. Комета. 18. Оптика. 19. Неолит.

20. «Восток». 24. Горнад. 25. Нарвик. 26. Антарес. 29. Гуйян. 31. Сфера. 32. Атмосфера. 33. Гидра. 34. Тихов.

По вертикали: 1. Гаага. 2. Кеплер. 3. Лобито. 4. Мимас. 7. Насос. 9. Коцит. 10. Точка. 12. Вселенная. 14. Астрограф. 15. Паллада. 16. Нонсенс. 21. Фокус. 22. Адамс. 23. Ширра. 27. Немуро. 28. Еретик. 30. Надир. 31. Салма.

Научно-популярный журнал

«ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ»

Орган секции физико-технических и математических наук
Президиума Академии наук СССР
и Всесоюзного астрономо-геодезического общества

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор доктор физ.-мат. наук Д. Я. МАРТЫНОВ

Зам. глав. редактора доктор физ.-мат. наук И. А. ХВОСТИКОВ.

Ответственный секретарь кандидат пед. наук Е. П. ЛЕВИТАН

Кандидат физ.-мат. наук В. А. БРОНШТЭН, доктор техн. наук А. А. ИЗОТОВ, кандидат физ.-мат. наук И. К. КОВАЛЬ, кандидат физ.-мат. наук М. Г. КРОШКИН, доктор физ.-мат. наук Р. В. КУНИЦКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. Ю. ЛЕВИН, кандидат физ.-мат. наук Г. А. ЛЕЙКИН, академик А. А. МИХАЙЛОВ, кандидат физ.-мат. наук И. Д. НОВИКОВ, доктор физ.-мат. наук К. Ф. ОГОРОДНИКОВ, доктор геол.-мин. наук В. А. ПЕТРУШЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук В. В. РАДЗИЕВСКИЙ, доктор физ.-мат. наук Ю. А. РЯБОВ, кандидат техн. наук К. П. ФЕОКТИСТОВ, академик В. Г. ФЕСЕНКОВ

Художественный и технический редактор Л. Я. Шилкина

Адрес редакции: Москва, В-333, Ленинский пр., 61.

Тел. АВ 7-78-14, АВ 7-67-09

Т.-41949

Подписано к печати 31/VIII—1966.

Тираж 29 500 экз.

Зак. 978. Бум. л. 3. Формат бумаги 84×108¹/₂. Печ. л. 10,8+2 вклейки. Уч.-изд. л. 11,5

2-я типография издательства «Наука». Москва, Шубинский пер., 10

Метеорологический спутник «Космос-122»

26 июня 1966 года был запущен и выведен на круговую орбиту высотой около 650 км советский искусственный спутник Земли «Космос-122». Значение этого события для науки и практики трудно переоценить.

Спутник «Космос-122» представляет собой метеостанцию нового типа, с помощью которой уже получена ценная информация о состоянии воздушной оболочки нашей планеты. Такую информацию невозможно получить ни по наблюдениям наземных метеорологических станций, которых во всем мире более 10 тысяч, ни даже с помощью широко применяемых ныне аэрологических методов зондирования атмосферы. Все более настоятельной становится потребность в доброкачественных долгосрочных прогнозах погоды. Для этих целей необходимо знать состояние атмосферы практически над всей поверхностью земного шара. Получить такие сведения, и притом оперативно, возможно только с помощью метеорологических наблюдений со спутников.

В чем же состоят такие наблюдения?

«Космос-122», снабженный совершенной современной аппаратурой, разработанной и построенной советскими учеными и конструкторами, передает на Землю телевизионные изображения облаков, покрывающих значительную часть земной поверхности. По отдельным снимкам составляются схемы облачного покрова. Своеобразная форма и расположение облаков позволяют метеорологам судить о состоянии атмосферы — определять характер движения различных воздушных масс, расположение фронтов, их разделяющих, направление и скорость воздушных потоков в верхних слоях атмосферы.

Телевизионные камеры могут вести наблюдения за облачностью только на освещенной — дневной стороне Земли. Расположение облачного покрова на ночной — теневой стороне планеты фотографируется на спутнике «Космос-122» в инфракрасных лучах в участке спектра 8—12 мк, в котором инфракрасное излучение практически не поглощается водяным паром. Через это «окно» можно снимать не только ночью, но и днем и таким образом сравнивать изображения одной и той же облачности, полученные в видимых и инфракрасных лучах.

Большую ценность представляют измерения на спутнике «Космос-122» с помощью актинометрической аппаратуры интенсивности уходящего излучения Земли. Эти данные исключительно важны для изучения радиационного баланса в системе Земля — атмосфера. Они позволяют определять, в каких районах нашей планеты и сколько падающей солнечной энергии получено земной поверхностью (и может пойти на нагревание атмосферы), сколько отражается в космос и сколько тепловой энергии излучается нагретой земной поверхностью и атмосферой.

Измерения в диапазоне 0,3—3 мк [видимый свет и ближняя инфракрасная область] позволяют определять интенсивность идущей снизу отраженной радиации. Облака отражают до 80%, суша около 30% и поверхность моря — еще меньше. Диапазон 8—12 мк — область, дающая возможность оценить температуру поверхности Земли или облаков, над которыми пролетает спутник. [По температуре верхней поверхности облаков можно судить о ее высоте над Землей.] А диапазон 3—30 мк позволяет определить уходящий в космос общий поток теплового излучения Земли и атмосферы.

Систематическое получение данных о радиации, а также об облачности на ночной стороне Земли, выгодно отличается «Космос-122» от американского метеорологического спутника «Эсса».

Если анализ фотографий облачности осуществляется путем визуального просмотра снимков, то обработка и анализ радиационных данных возможны только при помощи электронных вычислительных машин. Ведь за небольшое время одного оборота спутника передаваемую им информацию необходимо принять, расшифровать и представить в наглядной форме — в виде карты распределения интенсивности радиации по поверхности земного шара. В этой работе без электронных «помощников» не обойтись.

Вся научная аппаратура на спутнике «Космос-122» должна работать длительное время и в заданном режиме. Это потребовало создания сложного комплекса электротехнических систем. Спутник состоит из двух герметических систем: приборного отсека с научной аппаратурой и энергоаппаратного отсека с основными служебными системами. С энергоаппаратным отсеком конструктивно связан механизм электропривода панелей больших солнечных батарей, обеспечивающих энергоснабжение всех устройств на спутнике. Во время пуска спутника эти батареи сложены пакетом и раскрываются лишь после отделения спутника от ракеты-носителя.

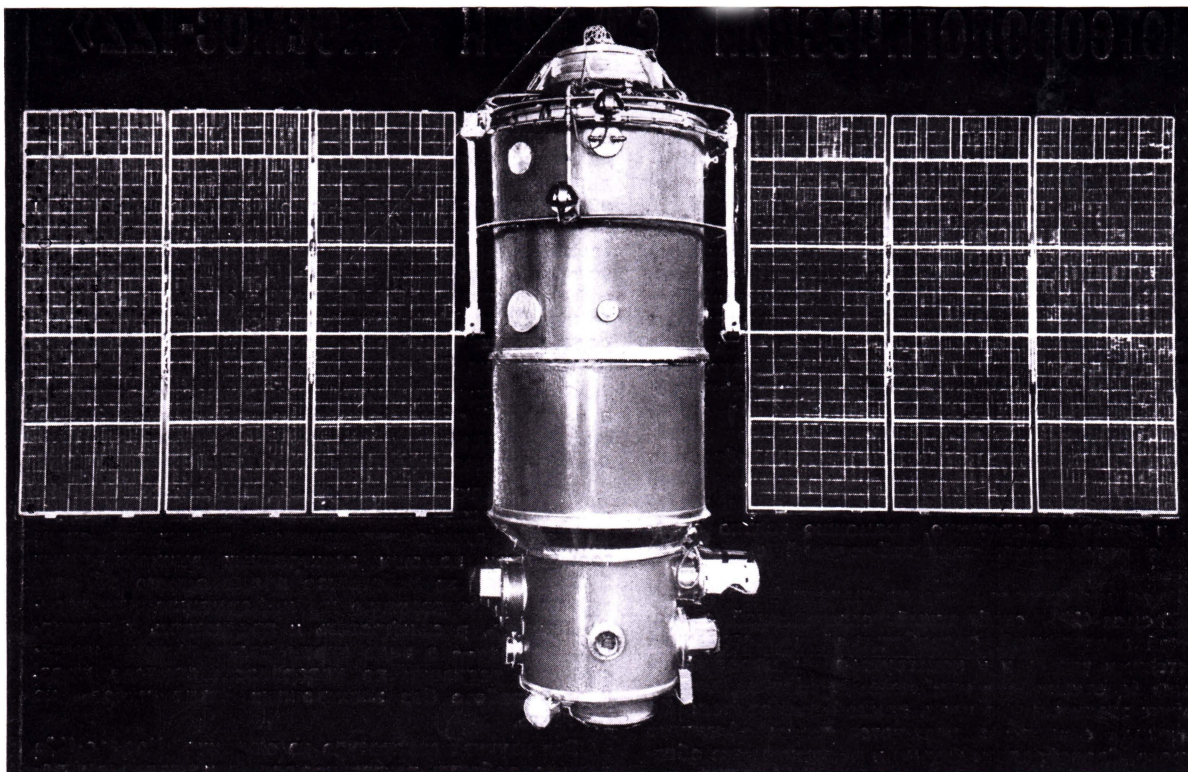
Конструкция спутника «Космос-122» позволяет постоянно ориентировать его по отношению к земной поверхности, так что объективы его приборов все время направлены на Землю. Этого также нет на американских спутниках «Эсса». Специальные устройства непрерывного действия обеспечивают стабилизацию спутника, устраняя недопустимые для фотографирования и радиационных измерений качивание или вращение спутника.

Наблюдения на метеорологическом спутнике «Космос-122» открывают новые большие возможности для повседневного метеорологического обслуживания народного хозяйства, для серьезного улучшения качества прогнозов погоды, для исследования атмосферы.

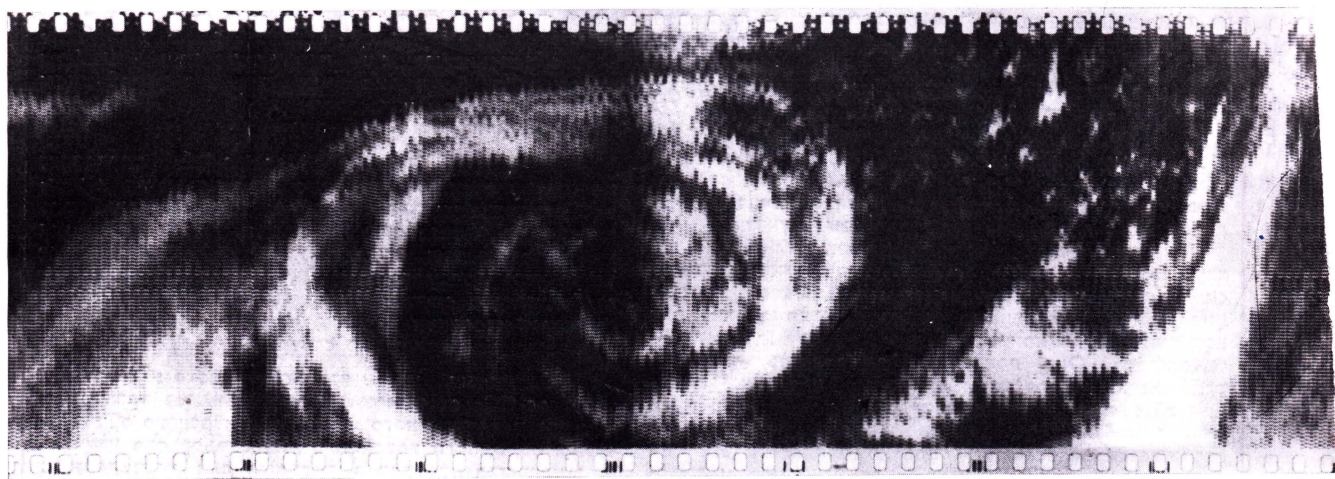
В КОСМОСЕ «ЛУНА - 11»

24 августа 1966 г. в Советском Союзе была запущена космическая ракета в сторону Луны с автоматической станцией «Луна-11» на борту. Станция [ее вес 1640 кг] предназначена для дальнейшей от-

работки систем искусственного спутника Луны и для научных исследований в окололунном пространстве. 28 августа станция вышла на окололунную орбиту и стала вторым советским искусственным спутником Луны.



Искусственный спутник Земли «Космос-122» — метеостанция на орбите



Мощный циклон над Атлантическим океаном [район острова Ньюфаундленд] радиусом более 1000 км.
Хорошо видны спиралеобразные облачные системы и атмосферные фронты



Цена 30 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО
«НАУКА»

Индекс 70336